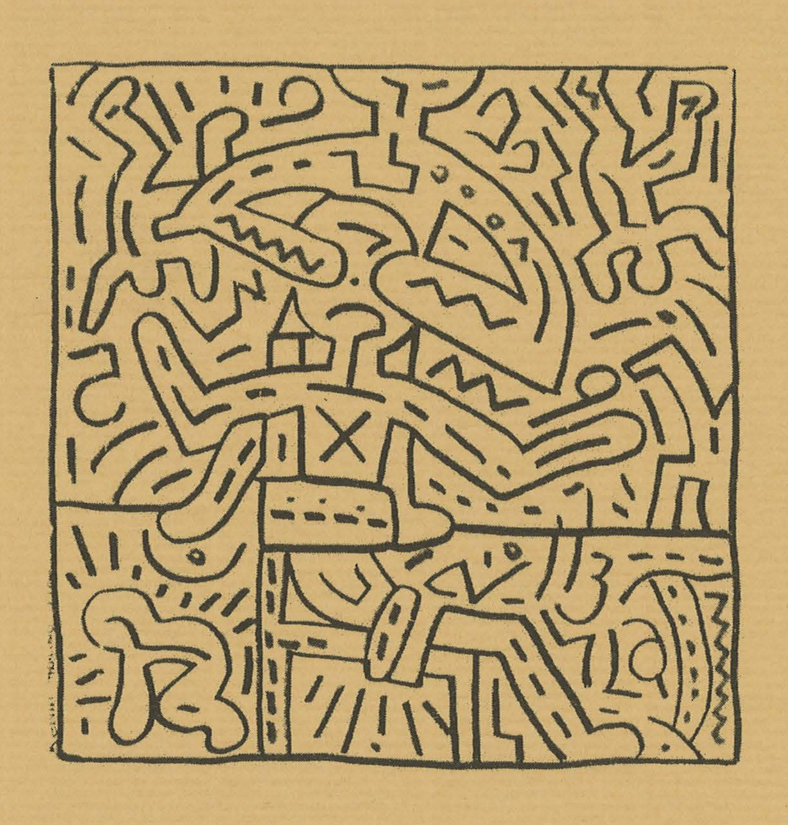
# URBANISMO Y MEDIO AMBIENTE

## LA CIUDAD

## EL MICROCLIMA URBANO Y EL BIENESTAR

*por*

ESTHER HIGUERAS GARCÍA



**CUADERNOS**
**DEL INSTITUTO**
**JUAN DE HERRERA**
**DE LA *ESCUELA DE***
***ARQUITECTURA***
***DE MADRID***

# URBANISMO Y MEDIO AMBIENTE

## LA CIUDAD

### EL MICROCLIMA URBANO Y EL BIENESTAR

*por*

ESTHER HIGUERAS GARCÍA

**CUADERNOS**
**DEL INSTITUTO**
**JUAN DE HERRERA**
**DE LA *ESCUELA DE***
***ARQUITECTURA***
***DE MADRID***

*Urbanismo y Medio Ambiente.*
***La Ciudad. El microclima urbano y el bienestar.***

Instituto Juan de Herrera.
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.
Composición y maquetación: Daniel Álvarez Morcillo.
CUADERNO 102.01
ISBN: 84-95365-81-2 (obra completa)
ISBN: 84-95365-83-9 (Urbanismo y Medio Ambiente. La ciudad)
Depósito Legal: M-5563-2001

# URBANISMO Y MEDIO AMBIENTE : LA CIUDAD

## El microclima urbano y el bienestar en la ciudad.

**Breve resumen del contenido**:

El bienestar en la ciudad se puede estudiar desde varios puntos de vista. El texto expone primero los factores específicos del microclima urbano: temperatura, humedad y viento. Después las necesidades particularizadas para el bienestar climático urbano. Y finaliza con una serie de estrategias para mejorar tanto el bienestar ambiental como el social de las ciudades, de forma que se avance en el camino hacia la sostenibilidad.

**INDICE:**



## 1.EL MICROCLIMA URBANO

### *1.1.El medio climático y la ciudad*

La importancia del clima como factor condicionante de los asentamientos ha sido determinante a lo largo de la hisoria. Autores clásicos como Hipócrates, Aristóteles, Vitrubio, Galileo, o Torricelli aportaron ideas acerca del papel del clima en la disposición de las ordenaciones urbanas.[1]

El clima se compone de unos elementos o variables que lo caracterizan de dos formas: espacial o temporalmente. La caracterización espacial explica las diferencias regionales de los climas sobre la superficie terrestre, en la cual intervienen factores geográficos, así como astronómicos, dando lugar a la organización de climas zonales, locales o microclimas, de máxima importancia para la planificación. La caracterización temporal depende del periodo de tiempo que se estudie (desde días a meses, estaciones, años, o décadas). Para la planificación urbana interesa la escala local, es decir el microclima, cuyos rasgos pueden ser influenciados por factores del entorno próximo, (relación de espacios edificados o libres, vegetación, agua, montañas etc.) y además puede ser alterado por el planeamiento , por lo que se da una clara interacción entre ambos.

En toda ciudad las condiciones climáticas generales están modificadas, por lo que aparece un microclima característico de las áreas urbanas, denominado "microclima urbano", sus principales características son las siguientes:

a). **Temperaturas** más altas que en el entorno circundante. Existe un recalentamiento mayor en las zonas centrales urbanas conocidas como las "islas térmicas urbanas". Este recalentamiento, se produce por la falta de disipación nocturna del calor acumulado por el dia debido a la presencia de la contaminación atmosférica. Esta "boina" de contaminantes se aprecia al entrar en la ciudad, y los ingleses la han calificado como "smog" [2]. La temperatura de la ciudad aumenta debido a la alta

[1] Son frecuentes actualmente las reediciones de textos clásicos, en las que se pueden consultar estas indicaciones. Por ejemplo, en los *Diez libros de arquitectura* de Vitrubio, aparecen interesantes recomendaciones a la hora de la fundación de una ciudad.

[2] "smog", combinación de las palabras smoke (humo) y fog (niebla) .El profesor V.Bettini, amplia estas cuestiones de la contaminación urbana en el capitulo "El balance energético de la ciudad",en su libro *Elementos de ecología urbana*, ed.Trotta 1998,pagina 83, del que además existe una adaptación al caso español en las páginas 94 y siguientes del profesor M.Peinado Lorca

proporción de energía secundaria consumida, la modificación de las características de absorción de las superficies urbanas (impermeables y oscuras, mayoritariamente), y el menor efecto refrigerador de su atmosfera, causado por la contaminación. Por lo que se puede concluir que en la ciudad siempre hay más temperatura que en el campo, y que además esta diferencia se puede representar como un gradiente desde la periferia al centro urbano, donde se producen los aumentos más significativos.[3]

b). Un régimen especial de **vientos**, provocado por los edificios en altura, las calles, las plazas, etc que originan flujos, corrientes en esquina, remolinos, etc, alterando el régimen de vientos local. En efecto, las condiciones del régimen general de vientos se ven completamente modificadas por la presencia del tejido urbano, con zonas de densidades variables, posibles canalizaciones de vientos a lo largo de las calles, espacios libres y zonas verdes diseminados y edificaciones en altura que pueden hacer variar tanto la dirección como la velocidad de las corrientes de aire con efectos favorables o desfavorables sobre la ciudad. Una corriente de viento al "chocar" contra una edificación en altura, escurre por su fachada provocando en su base corrientes de viento con una velocidad multiplicada por tres[4]. Si además la edificación se alza sobre "pilotis", las corrientes en la base van a ser de tal naturaleza que van a condicionar los usos urbanos de estas áreas.

c). Menos **humedad** y sequedad ambiental. Debido a que en la ciudad predomina lo edificado sobre las zonas verdes y cursos de agua. Los acabados superficiales urbanos tienen alta escorrentía superficial y una evapotranspiración casi nula, por lo que el agua de lluvia rápidamente desaparece de la ciudad y no es retenida por la baja permeabilidad del soporte. [5]

*Clima y confort humano*

El hombre se ha adaptado a los límites impuestos por el clima, e incluso ha modificado y acondicionado su entorno para buscar situaciones favorables a lo largo de los cambios climáticos estacionales. Se dice que el hombre está en situación de confort térmico cuando se da el equilibrio (o una pérdida mínima) entre las pérdidas y ganancias energéticas entre el cuerpo humano y el medio ambiente. Diferentes autores han definido y considerado sus límites mediante métodos empíricos, entre los que destacan Siple y Passel (con el Indice de estrés climático), los hermanos Olgyay (con la carta bioclimática), y Givoni (con el diagrama para edificios). [6]

La carta bioclimatica de Olgyay es particularmente interesante para los urbanistas, ya que sirve para caracterizar el clima de un lugar relacionándolo con la situación de bienestar de las personas. Además la carta proporciona tres estrategias para remediar las situaciones desfavorables: *radiación solar* para situaciones de frio; *humedad* para situaciones de alta temperatura y baja humedad ambiental; y por último *viento* para situaciones de alta temperatura y alta humedad. Estas estrategias se pueden conseguir interviniendo directamente sobre los espacios libres y las zonas verdes urbanas, modificando el microclima local y beneficiando primero al microclima y luego a las personas. [7]

Algunos autores han profundizado acerca de la carta bioclimática de Olgyay precisando las condiciones intrínsecas del lugar, como son las correcciones por latitud, y altitud principalmente. Se presentan a continuación tres climogramas correspondientes a tres localidades españolas, Las Palmas (latittud 28º) Madrid (latitud 40º) y Santander (latitud 42º). [8] para comprobar cómo varian las zonas de confort en cada una de ellas.

---

[3] En Barcelona se ha verificado una diferencia de 8ºC a 9ºC entre el centro urbano y la periferia en el verano. A.Ivanchic. Nov 2000.

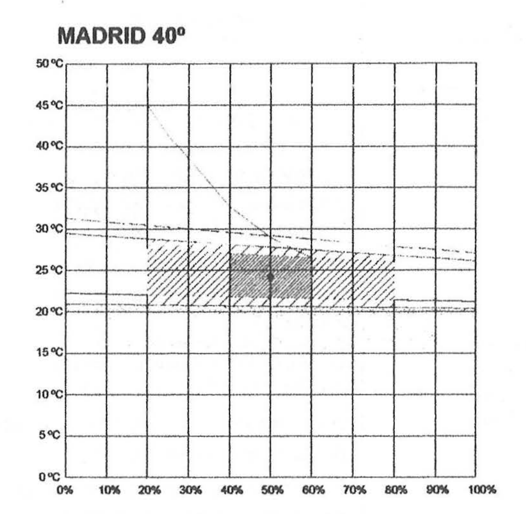
[4] Según Plate y Oke, recogido de Barry y Chorley en la pagina 207, del libro *La ciudad y el medio natural*, J.Fariña, Akal 1998.

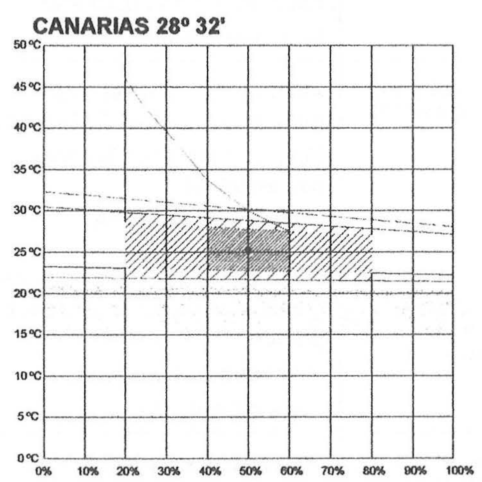
[5] Es interesante leer las reflexiones del profesor M.Houhg en la página 46 y siguientes, acerca de "Mantener los zapatos secos" en su libro *Naturaleza y ciudad*, GG 1998

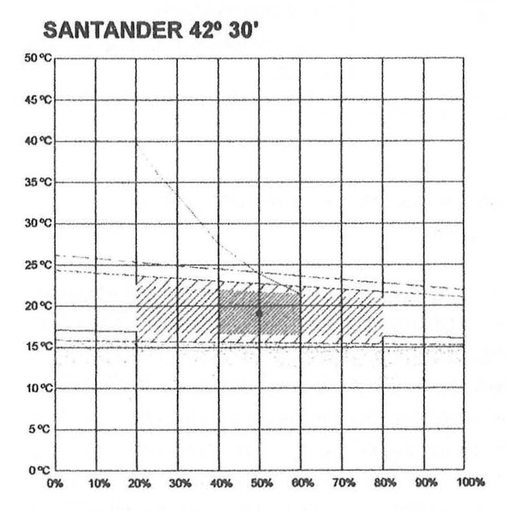
[6] *Técnicas de acondicionamiento ambiental* , J.Neila Gonzalez y C. Bedoya, Frutos .1998

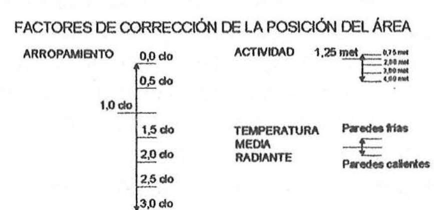
[7] El libro de Olgyay del año 1963 *Design with climate*, todavía está vigente debido a sus importantes aportaciones y ha sido base para numerosos autores posteriores que han ampliado o matizado sus propuestas. Ha sido reeditado recientemente, por GG en el año 1998, con el titulo : *Arquitectura y clima, Manual de diseño para arquitectos y urbanistas.*

[8] Para conocer el procedimiento para su ejecución ver *Cuadernos del IJH nº 42.02*, 2000 "Manual de acondicionamiento natural (III), Condiciones de diseño higrotérmico", del profesor J.Neila Gonzalez página 35 y siguientes




*Climograma*

Un climograma es un gráfico, de temperatura y humedad ambiental, en el que se determina una zona de confort en la cual la mayor parte de las personas se encuentran en una situación de bienestar. El bienestar es una sensación subjetiva, por tanto el gráfico tiene una zona central (oscura) donde el 90% de la población está en una situación agradable y otra alrededor que refleja un porcentaje ligeramente inferior.

En esta sensación de bienestar influyen factores externos e internos de la persona. Los externos son la localización geográfica del lugar, definido por su latitud y altitud, y la presencia de viento. Las internas se refieren a la actividad, el arropamiento y la temperatura media radiante de las paredes. En los climogramas adjuntos, se han considerado los siguientes datos de partida, actividad de 1,25 met. Arropamiento de 1 clo correspondiente al Nivel 2. Temperatura media radiante igual a la temperatura del aire, y con una velocidad del aire de 0 metros por segundo. Los principales factores de corrección serán por el cambio en el arropamiento, la actividad o la temperatura media radiante, cuyos valores aparecen debajo de los diagramas.

En la ciudad, para el bienestar urbano de los espacios exteriores es determinante la cuestión del arropamiento, ya que se pueden dar situaciones de confort con ambiente frio, si las personas están convenientemente abrigadas o se sitúan al sol, por ejemplo. También la actividad, ya que lo normal es realizar una actividad media (pasear, andar, etc), de 2.00 met, frente a 1.00 met de estos climogramas. Por último, habrá que considerar el viento, puesto que en la ciudad el régimen de vientos es casi siempre turbulento por la presencia de edificaciones, calles y plazas y pocas veces es nulo.

*Comparación de los climogramas*

Para ver como influyen los factores externos, basta comparar los climogramas de Madrid, Las Palmas y Santander. Las condiciones de latitud, altitud, y el aclimatación de las personas a sus lugares determina que la situación de la zona de confort sea diferente para cada localidad. Obsérvese como la línea de sombra está en 20,5ºC en Las Palmas, 21ºC en Madrid, y 15ºC en Santander.

Por tanto el primer paso para el acondicionamiento ambiental es realizar el climograma considerando los factores externos e internos adecuados para cada proyecto.

### *1.3.La morfología urbana y el microclima*

La ciudad es una suma de tejidos urbanos heterogéneos, muchos de los cuales son característicos de un periodo histórico determinado. Cada uno, tambien tiene sus consecuencias sobre el microclima con ventajas e inconvenientes medioambientales. Por ejemplo, el tejido orgánico de la ciudad medieval, las retículas propias de los ensanches del siglo XIX, o la ciudad difusa actual. En este sentido, es interesante resumir las consecuencias negativas que tiene el aplicar el modelo territorial de **crecimiento disperso** sobre el territorio (López de Lucio, 1993) [9]:

. Incremento unitario de los precios de construcción, conservación y utilización del territorio urbanizado
. Demanda de grandes infraestructuras de urbanización, suministros de agua, electricidad, telecomunicaciones, recogida y depuración de aguas residuales, etc
. Demanda de grandes infraestructuras viarias, ferroviarias y transporte público suburbano.
. Especialización funcional y homogenización de los fragmentos espaciales urbanos.
. Desaparición del espacio público multifuncional y sin limitación de acceso
. Crecimiento exponencial de las distancias recorridas en los desplazamientos cotidianos, casi todos mecanizados, y la desaparición de los recorridos a pie
. Implica consumos crecientes de materias primas no renovables, y de contaminación urbana.

Las consecuencias más directas de los principales tejidos urbanos que configuran nuestras ciudades, sobre el territorio circundante, se resumen en la siguiente tabla considerando la influencia de la ciudad sobre el microclima. Se expone como un pequeño diagnóstico generalizando los aspectos más relevantes.

| TEJIDO RESIDENCIAL | CARACTERÍSTICAS DEL MICROCLIMA |
|---|---|
| 1. CASCO TRADICIONAL | Alta temperatura del aire. Efecto de la isla térmica acusado Alta contaminación atmosférica, agravada por la congestión.<br>Poca radiación solar<br>Importantes obstrucciones<br>Baja humedad, pocas zonas verdes |
| 2. ENSANCHE EN MANZANA CERRADA | Contaminación atmosférica media. Isla térmica moderada.<br>Canales de viento, y efecto tunel provocado por la retícula.<br>Pocas zonas verdes. Obviar la orientación norte exclusiva<br>Humedad media |
| 3. EDIFICACIÓN EN BLOQUE ABIERTO | Alta modificación del régimen general de vientos. Turbulencias<br>Zonas de sol y sombra muy diferenciadas.<br>Humedad, media-alta<br>Obstrucción solar. |
| 4. EDIFICACIÓN UNIFAMILIAR ADOSADA | Murallas al viento si la hilera es grande.<br>Humedad media-alta<br>Poca obstrucción |
| 5. EDIFICACIÓN UNIFAMILIAR AISLADA | Humedad media-alta<br>Nula obstrucción<br>Gran consumo de suelo y de redes |

FUENTE : Elaboración propia

### *1.4. Estrategias generales para mejorar el microclima urbano*

Para poder plantear unas estrategias urbanas adecuadas, primero es necesario estudiar pormenorizadamente el clima local y conocer sus necesidades con el mayor detalle posible. Por ejemplo, al menos es necesario diferenciar las diversas estaciones del año (los inviernos de los veranos, si existen épocas intermedias de confort- primavera y otoño- si hay una única estación anual, o si hay un periodo seco y otro lluvioso, etc). Sacar conclusiones generales no sirve para nada, ya que los máximos del verano pueden desvirtuar los mínimos del invierno. En este respecto, es necesario puntualizar el error que supone el empleo de datos de temperaturas y humedades medias ya que ese dato medio puede no existir nunca (es mejor conocer las máximas y las mínimas y adaptar las estrategias urbanas a

[9] R.López de Lucio, *Ciudad y urbanismo a finales del siglo XX.* UPCValencia. 1996

estas situaciones de falta de confort. Si el desfase es muy extremado, solo caben soluciones flexibles).

Una vez caracterizado el clima y las necesidades locales conviene cuantificarlas. Es decir, evaluar las situaciones con diferentes necesidades, para establecer las estrategias con mayor rigor y dirigirlas a la época del año que se requieren. Como por ejemplo: [10]

. necesidad de radiación solar (y su cuantificación numérica, por dias, meses o anual), en invierno 3 meses /12 meses
. necesidad de viento en verano 2/12
. necesidad de evaporación en verano 1/12
. necesidad de sombreamiento en verano 2/12

De esta forma se puede conocer el alcance de las estrategias y materializarlas en las propuestas urbanas para mejorar el microclima local. Los urbanistas disponen de cuatro elementos fundamentales para conseguirlo : [11]

1º Mediante la disposición de los edificios
Son "obstáculos urbanos" que pueden estar pensados para producir sombras o como barreras contra los vientos dominantes (y delimitación de áreas resguardadas) dentro de la ciudad. Es importante considerar los cambios del invierno y el verano, si el clima es extremado, para buscar soluciones flexibles. Por lo tanto la volumetria de las edificaciones puede ser determinante para mejorar las condiciones climáticas (factor de forma y altura de la edificación principalmente). [12]

2º Considerando la topografía del soporte
Si necesitamos radiación solar se produce una mayor captación solar en las laderas orientadas al sur con 20º de inclinación, frente a zonas llanas, ya que los rayos solares inciden más perpendicularmente sobre las edificaciones. Por lo tanto puede ser un condicionante a la hora de proponer suelos urbanizables.

3º Eligiendo los materiales superficiales urbanos
Influyen directamente en el albedo de suelo, (la capacidad de reflexión de la radiación solar según los colores), y en la escorrentía. El albedo es un factor determinante para la radiación solar difusa y para mejorar la iluminación natural en el interior de las edificaciones. También es importante considerar las ventajas e inconvenientes de los acabados, según el clima y la estación; en este sentido el suelo natural se comporta mejor ante la radiación-temperatura, y retiene el agua de lluvia más tiempo circunstancia que es muy beneficiosa para el crecimiento vegetal y para aumentar la humedad ambiental si las necesidades climáticas así lo requieren. Existe la tendencia a pavimentar cualquier superficie urbana, cuando quizás sería más oportuno no hacerlo tan generalizadamente.

4º Disposición de agua
La presencia de agua es un recurso contra el calor y la sequedad ambiental de las zonas urbanas y que pueden tener formas diversas en la escena urbana. Es interesante recoger el agua de lluvia ya que sirven para aumentar la humedad ambiental de los espacios abiertos urbanos, y de poderlas aprovechar para determinados usos urbanos como limpieza o riego. Existe gran versatilidad y diseños con un gran número de soluciones posibles. [13] Muchas de las cuales pueden ser transformadas en las épocas invernales, cuando se reducen los requerimientos de humedad ambiental si el clima así lo precisa.

5º Diseño y localización de las zonas verdes
Los árboles son el elemento fundamental para mejorar el microclima de la ciudad. Sus acciones son múltiples: controlan la radiación, aumentan la humedad, frenan el viento, fijan los contaminantes del aire, proporcionan efectos psicológicos y ornamentales sobre la población. También son un indicador biológico de la presencia de contaminantes peligrosos, o como captador de microorganismos.[14] Su versatilidad de hoja caduca y hoja perenne, los hace más flexibles y adaptables a cualquier situación urbana. El control sobre la radiación solar es importante, ya que su transmisividad es muy baja, no refleja la radiación a otros espacios adyacentes, permite la evacuación del aire caliente evitando la formación de bolsas térmicas y además no se sobrecalientan por encima de la temperatura del aire debido a su capacidad de autorregulación gracias a la fotosíntesis. Es importante considerar

---

[10] Se establecen estas necesidades detalladamente en el texto *nº 24 de los Cuadernos de Investigación urbanística*, editado por el Departamento. "Urbanismo bioclimático, manual para el diseño de asentamientos". E.Higueras. 1998

[11] Se ha seguido es esquema propuesto por J.Fariña en las pag. 207-210 del libro *La ciudad*...Op.cit.

[12] Recordemos los factores de forma propuestos por Olgyay según los climas, pag 89: "Conclusiones para la forma básica de la vivienda", en *Arquitectura y clima*, Op.cit.: las viviendas cuadradas (clima frio) f=1:1; viviendas alargadas (clima templado) f= 1:1.6; vivienda con patio (clima arido calido) f=1:1.3; y vivienda alargada (clima cálido húmedo) f=1:1.7.

[13] Desde fuentes ornamentales, lagos, canales, aspersores, etc, hasta los microvaporizadores de agua empleados para refrigerar naturalmente el aire de la Exposición Universal de Sevilla en el año 1992 (explicados en *Acondicionamiento de espacios abiertos*, Lopez de Asiain, 1993) Los árabes nos aportaron soluciones muy adecuadas a este respecto.

[14] Se estima en 0,979 gr de polvo retenido en un intervalo de 15 dias y por cada 100 gr. de hojas, según el profesor López de Asiaín (2000) Aunque algunas especies no son lo suficientemente resistentes y mueren.

la biodiversidad de especies y emplear especies autóctonas adaptadas a los requerimientos del clima local y con menos gastos de mantenimiento. Se puede concluir que el arbolado es el elemento comodín y estrella de cualquier estrategia de acondicionamiento ambiental [15]

## 2. EL BIENESTAR URBANO Y EL SOL

El recorrido del sol en la bóveda celeste establece unos condicionantes básicos en el diseño y bienestar de cualquier elemento urbano. Los movimientos de rotación y traslación de la tierra, delimitan anualmente situaciones urbanas más favorables para determinados usos que otras influyendo en la zonificación de acuerdo con el soleamiento de la ciudad. También condicionan los diseños de las fachadas de los edificios, y determinan muchos factores de la red de espacios libres y zonas verdes de la ciudad.

El estudio de los movimientos del sol, tienen el objeto de introducir estos elementos como factores determinantes a la hora de planificar la ciudad existente o propuesta, para obtener las mejores condiciones de soleamiento y mejorar la calidad de vida de sus ocupantes. Estas estrategias están directamente relacionadas con el aprovechamiento de los recursos renovales y por lo tanto implicarán la reducción del gasto energético y la contaminación urbana de las ciudades. Algunas soluciones son tan simples y elementales que parece mentira que se apliquen tan poco. Además de los planteamientos generales, existen otros más pormenorizados también significativos, como el estudio de sombras arrojadas sobre los espacios urbanos (muy importante en las áreas de edificación en altura, o siempre aconsejable si son de más de cinco plantas), o el soleamiento de las fachadas de los edificios.

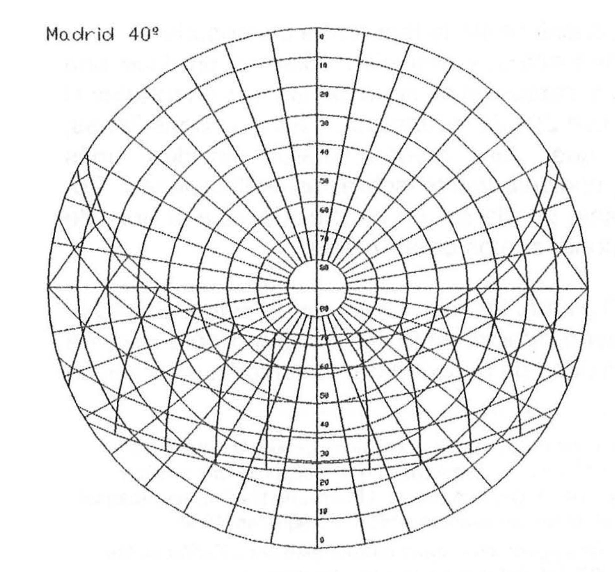
### *2.1.Las coordenadas solares*

Para conocer con exactitud la posición del sol en un lugar, dia y hora determinado se definen las coordenadas solares. Las coordenadas solares son coordenadas esféricas (angulares) y determinan la dirección del sol sobre el plano horizontal y el vertical. [16] Son el acimut y la altura solar.

1 El acimut solar
Es el ángulo que forma la posición del sol en el plano horizontal. Establece por lo tanto el recorrido solar en planta. Siempre se mide desde el sur, que es el origen de referencia de los ángulos, sobre una circunferencia en grados sexagesimales (360º, normalmente, o si son 180º con sentido positivo o negativo). El sol sale por el este (orto) y se pone por el oeste (ocaso), y recorre el dia siempre por el sur. Sin embargo, es importante decir, que los ortos y los ocasos varian a lo largo del año. El recorrido mínimo se registra en el solsticio de invierno y el máximo en el de verano, en el hemisferio norte. Dependiendo de la latitud del lugar estos recorridos serán diferentes.

2 La altura solar
Es el ángulo que forma la posición del sol respecto del plano del horizonte. Se mide en grados, desde el orto (0º) hasta el cenit de cada dia (las 12 horas solares). A partir de mediodia, empieza a descender hasta el ocaso. Las alturas solares también son diferentes con respecto a la latitud del lugar, registrándose las alturas máximas cerca del ecuador, y las mínimas cerca de los casquetes polares.

Los métodos gráficos que representan las trayectorias solares son especialmente útiles para los urbanistas. Destacamos la carta estereográfica, donde los radios con los valores del acimut y las circunferencias los angulos de la altura solar.




**Trayectorias solares de Madrid, en la carta estereográfica**

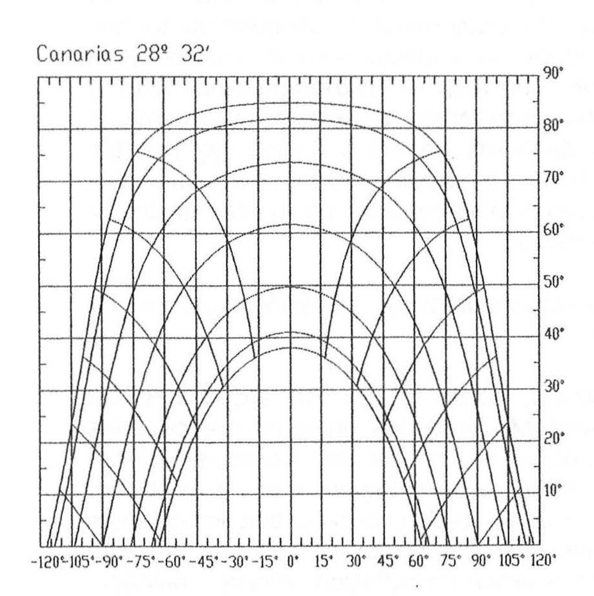
---

[15] Dado su protagonismo, se amplían estas cuestiones en el capítulo 5, de este texto.

[16] Existen manuales para el cálculo tanto gráfico como numérico de las coordenadas solares. Se recomienda, *La ciudad*...Op.cir. del profesor Fariña, ya que se relaciona directamente con las condiciones de la ciudad.

Santander 42º 30'

Madrid 40º




*Cartas solares cilíndricas*

Son el resultado de proyectar el recorrido del sol sobre un cilindro tangente a la bóveda celeste. Cada curva representa el recorrido de un mes, el máximo el del verano (solsticio 21 de junio) y el mínimo el del invierno (solsticio de invierno 21 diciembre).En el eje horizontal los valores del acimut solar, en el vertical los de la altura solar. Comparando las tres latitudes se pueden sacar las siguientes conclusiones:

Acimut solar

| Latitud del lugar | Orto y ocaso del invierno | Orto y ocaso del verano |
|---|---|---|
| 28º32' Las Palmas | 62º este | 118º este |
| 40º Madrid | 58º este | 120º este |
| 42º30' Santander | 54º este | 122º este |

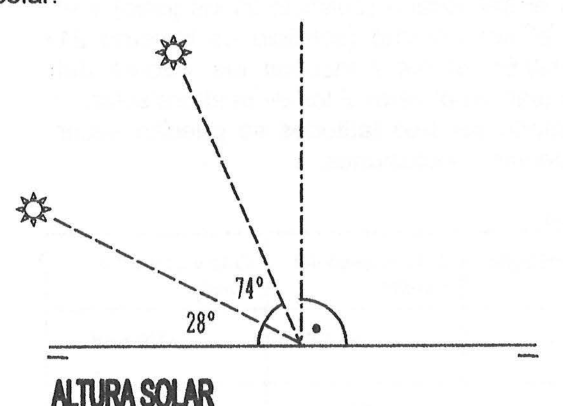
Obsérvese como en los inviernos los ortos referenciados al sur, forman ángulos mayores a 90º; mientras que en el verano, se rebasan ampliamente los 90º en las tres latitudes referenciadas. Estas consideraciones van a ser de gran importancia a la hora de situar las edificaciones en la ciudad, ya que siempre hay que considerar la situación del invierno con la del verano, de forma que en cada estación la orientación favorezca la captación de sol, o se proteja de ella, de acuerdo con las condiciones particularizadas del clima local.

Altura solar

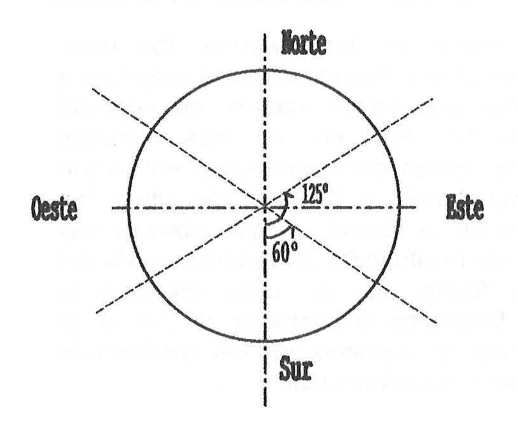
| Latitud del lugar | Cenit del invierno | Cenit del verano |
|---|---|---|
| 28º32' Las Palmas | 38º | 85º |
| 40º00' Madrid | 27º | 73º |
| 42º30' Santander | 24º | 71º |

El acimut se reduce un poco con la latitud, mientras que la altura solar se reduce considerablemente. A mayor latitud menor altura solar. Estos valores indican que en el invierno, no sólo el recorrido del sol es menor en planta sino que además la altura solar es reducida, lo que es determinante ya que cualquier obstáculo (natural o edificatorio) produce sombra sobre otro. Sin embargo es muy grande la diferencia de altura solar entre Santander y Las Palmas, por lo que habrá que considerarlo en las estrategias particularizadas. (en invierno y verano de 14)

De cualquier forma, en cualquier latitud las diferencias entre el invierno y el verano, son muy significativas, en cuanto a altura solar y acimut solar.

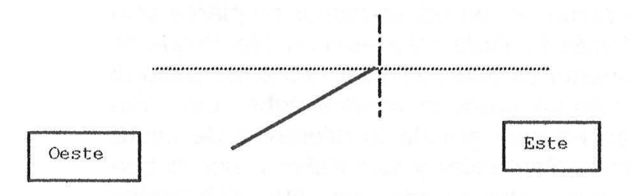



Esquema de los acimutes solares en invierno y verano de Madrid, latitud 40 N.




Vista en planta de los recorridos del sol .En invierno y en verano, para una determinada latitud

Los recorridos del sol pueden formar parte de las estrategias para el diseno urbano. Por ejemplo, en un lugar donde la captación invernal sea prioritaria, estableceremos orientaciones considerando el recorrido del sol invernal. Si es necesaria protección del sol estival, el propio edificio puede autosombrearse considerando estos ángulos acimutales de referencia. Si se requieren ambas necesidades (sol en invierno y sombra en verano) solo caben situaciones flexibles, o móviles para cada estación.




Directriz inclinada que puede configurar la edificación para optimar el sol invernal y resguardarse del estival

*2.2.Estrategias urbanas de soleamiento*

El soleamiento en una situación urbana puede ser por medio de captación solar directa o difusa. La radiación solar directa viene del sol y hay que considerar la obstrucción según orientación para no disminuir las horas de sol precisas. La radiación difusa proviene principalmente de los dias nublados y de la refracción de los acabados superficiales. La difusa es determinante para el estudio de la iluminación natural de las viviendas, (interesante para reducir los consumos de luz eléctrica).

Profundicemos en estos dos tipos de captación estableciendo las recomendaciones de diseño urbano oportunas.

**A. CAPTACIÓN DE RADIACIÓN SOLAR DIRECTA**

La radiación solar directa es la que proviene de la fuente de energía renovable que es el sol. Lo primero es conocer las condiciones particularizadas del recorrido del sol en la localidad de estudio según su latitud, para concluir en estrategias y recomendaciones para el diseño urbano de la ordenación.

La importancia de la radiación solar directa en el medio urbano, se centra principalmente en la intensidad que se recibe en las superficies horizontales y perpendiculares a los rayos solares, pues son las que predominan en las ciudades. Para determinar la cantidad de sol que incide sobre un espacio libre o edificado, es imprescindible saber **la irradiancia solar W/m$^2$ y su distribución temporal horaria.** Igualmente, el número de horas de sol o asoleo, ya que las nubes, nieblas y otros agentes metereológicos disminuyen considerablemente las horas de sol de un territorio.

*- Horas aconsejables de radiación solar directa mínima*

Recordemos, como fueron los arquitectos del Movimiento Moderno, los primeros preocupados por la necesidad de que las viviendas tuvieran sol. La crítica situación higiénica de las ciudades, altamente densificadas, provocaban importantes epidemias y enfermedades. Frente a esta situación aparece un reflexión teórica y práctica, acerca de la necesidad de que en las viviendas diera el sol, y tuvieran ventilación para mejorar las condiciones higiénico-sanitarias. Destaca la

construcción de la *Siedlung Dammerstock*, cerca de Karlsruhe, elaborado por Gropius en 1927 y que resume el ideograma teórico del barrio funcional que se puede reducir a cinco criterios básicos:

> *"a) la clara distinción entre el trazado viario y la trama de los edificios dispuestos en el espacio "en peine" de manera perpendicular a las calles.*
> *b) colocación de los bloques de casas en línea sobre un área verde, a una distancia entre sí calculada en relación a su altitud y orientados según los ejes heliotérmicos preferenciales en dirección norte-sur.*
> *c) la concentración de los servicios colectivos en los márgenes del tejido residencial*
> *d) la concepción adicional del montaje constructivo: varios paneles forman una célula, varias células un bloque en línea, varios bloques un barrio, y así hasta llegar a la ciudad".*[17]

En el CIAM [18] de 1930, predomina la teoría de las casas altas dispuestas con la ayuda de diagramas heliotérmicos sobre el cálculo de la exposición solar de las fachadas. Al ser viviendas con tipología en bloque, se trataba de no orientar ninguna vivienda al norte, por lo que la solución era seguir un eje norte-sur, en el cual las fachadas de las viviendas fueran, una fachada este (que recibe el sol de la mañana) y la otra oeste (que recibe el sol de la tarde). Esta disposición también tiene desventajas, ya que se pierde todo el potencial de la fachada sur (realmente la más idónea en latitudes templadas); y además el sol de la mañana es más aconsejable que el de la tarde, por el recalentamiento del aire. Por lo que se puede concluir, que esta ordenación no tiene ninguna vivienda "perfectamente orientada", ni ninguna sin sol.

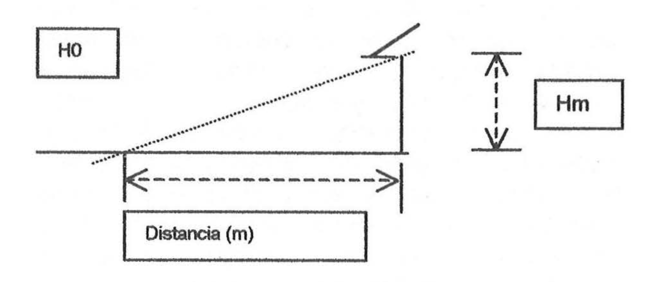
También es una paradoja que en algunos de los barrios funcionalistas se proyectaran con una absoluta ausencia de toda referencia a la naturaleza y al lugar, como la *Siedlung Golstein* proyectada por Ernst May, en la cual el carácter aséptico de la ordenación es un barrio isótropo, geométrico y heliotrópico. [19] Nada más lejos de un planteamiento bioclimático que la isotropía ya que el recorrido del sol condiciona las particularidades de cada fachada y cada espacio urbano.

La divulgación al gran público de los postulados del Movimiento Moderno, ha sido muchas veces contraproducente, ya que el dato más repetitivo reside en el empleo de un nuevo lenguaje arquitectónico, constructivo y compositivo, imitado y desvirtuado de tal manera que ha producido unos resultados muy mediocres (constructiva y urbanísticamente) en numerosas ciudades del mundo. Se copió la forma, no el fondo intelectual que las impulsaba y a menudo con soluciones de baja calidad.

*Obstrucción solar*

Una obstrucción es un sombra que produce un elemento sobre la posición de un observador. Para el cálculo de obstrucciones solares se necesita la situación del observador, y la carta solar cilíndrica de la latitud del lugar.

**Distancia medida en planta = D en metros**
**Distancia medida en alzado = H en metros**
**La relación entre estas dos medidas es el ángulo de obstrucción solar, Ho.**




Pues bien, con respecto a la obstruccion y a la orientación de los edificios, muchos se dispusieron con fachadas este-oeste sin estudios pormenorizados de las edificaciones, o incluso variando las tipologías edificatorias. Se tomó como válido el mínimo de "*las dos horas de sol en el solsticio de invierno*", cosa que puede ser insuficiente, si esas dos horas no son las centrales del dia, y que pasó manual tras manual hasta muchas de nuestras Ordenanzas actuales. Por último, con respecto a la relación entre bloques, el postulado racional de Gropius era más amplio y sugiere sobre la base de cálculos ilustrados con diagramas gráficos las "reglas" para la definición de las distancias óptimas entre los edificios :

> *"iguales a una vez y media la altura de los mismos, en el caso preferible de una*

[17] **Las ideas de la innovación funcional: de la ciudad industrial a las macroestructuras. página 369 en *Historia del Urbanismo en Europa*, Benedetto Gravagnuolo, 1998, Akal. Madrid.**

[18] **Congreso Intenacional de Arquitectura Moderna.**
[19] AA.VV. *Socialismo, cittá, architettura.* Roma 1971

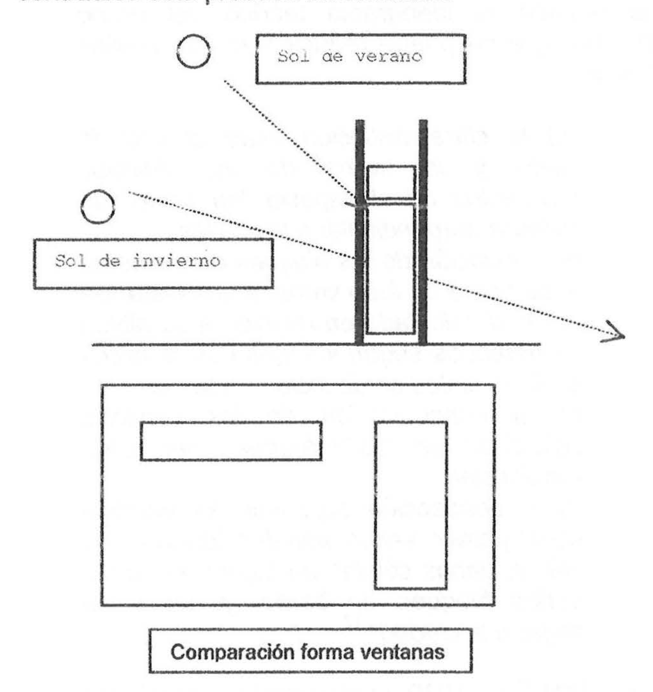
*orientación norte-sur; y dos veces y media si están orientados este-oeste".* [20]

De estos postulados se consideraron las relaciones entre bloques *"separados al menos la altura entre ellos"*, sin vincularlos a la orientación de las fachadas, factor que produce obstrucciones solares en las fachadas orientadas al sur, y no cumple con las necesidades mínimas de soleamiento consideradas como óptimas.

Tampoco las reflexiones heliotérmicas llegaron más allá de la disposición de ordenación de las edificaciones. La filosofía básica la recoge Le Corbusier en 1926 [21], formulando sus cinco puntos básicos :

1. los pilotis
1. la terraza-jardín
2. la planta libre
3. la fenëtre en longeur
4. la fachada libre

De estos cinco puntos, ninguno se puede considerar como adecuado climáticamente, si se utilizan generalizadamente sin considerar las características intrínsecas del clima local. Los *pilotis*, exponen a la edificación a una mayor pérdida energética, y se pierde la regulación térmica del terreno que actúa con gran inercia térmica y es aconsejable en latitudes frias. Con respecto al *"empleo de ventanas horizontales"*, que frente a las de eje vertical, dejan entrar menos luz, y si además son altas, favorecen el sol del verano, e impiden la entrada del sol del invierno, (completamente al revés que una medida de acondicionamiento pasivo, en cualquier latitud) . Es interesante observar cómo el dintel se relaciona con el recorrido del sol los meses cálidos, y el alfeizar los frios. [22]. Es decir, si rasgamos el alfeizar hasta el suelo (haciendo un balcón en vez de una ventana), favorecemos la entrada del sol invernal y no influye en las trayectorias solares del verano. Por lo que ésta es una buena solución para climas fríos. Por el contrario, si aumentamos la altura del dintel hasta el techo, favorecemos la entrada del sol estival y no repercute en la invernal, con lo que sobrecalentamos innecesariamente la habitación en el verano. La situación alta de estas ventanas horizontales, tan frecuentes en los diseños arquitectónicos del Movimiento Moderno, contradice esta practica bioclimatica.[23]




Comparación forma ventanas

Por otra parte, la ventana horizontal en cualquier fachada, no considera el recorrido del sol según las orientaciones. Se preocuparon de conseguir una *fachada libre*, cuando hubiera sido más oportuno diseñar fachadas diferentes (considerando el recorrido del sol). Tampoco es frecuente que los huecos de los edificios tengan diferentes dimensiones o formas según las fachadas, pero realmente sería lo más conveniente desde el punto de vista del aprovechamiento de la luz y calor procedente del sol en cualquier latitud (es decir, como técnica bioclimática de acondicionamiento pasivo). De cualquier forma es un despilfarro y un disparate energético que los huecos de la fachada sur sean idénticos a los de la fachada norte. Como norma general en climas fríos, los huecos más amplios se situarán al sur, con defensas fijas o móviles, externas o internas, para los meses calurosos. Los de las fachadas este y oeste pueden ser grandes o medianos, dependiendo de los requerimientos del clima local, pero siempre los de la fachada oeste deberían estar protegidos frente al sol de la tarde debido al sobrecalentamiento del aire, en climas cálidos. Los huecos más pequeños se situarán en la fachada norte, y con protecciones frente a los vientos invernales, que disminuirán considerablemente el confort. El empleo de los *brise-soleils*, en Le Corbusier sí tenían este

[20] W. Gropius, *"Costruzioni basse, medie o alte?"* en Aymonino (ed). página 178. 1930

[21] Le Corbusier *Ouvre Compléte*, Zurich 1937-1970. 8 volumenes. Tomo 1910-1929. pag.128

[22] Se observa claramente, haciendo el enmarque de una ventana sobre la carta solar cilíndrica de la latitud del lugar.

[23] Curiosamente la tipología del edificio tradicional madrileño tiene balcones. Estos son adecuados a las condiciones climáticas extremadas de Madrid, con frios inviernos y calurosos veranos (protegiendo el hueco )

cometido, pero fueron copiados y malinterpretados por muchos seguidores, sin considerar la orientación de la fachada. En una situación urbana, son muchas las consideraciones que hay que recordar para mejorar el soleamiento:

. según la tipología edificatoria
. según las anchuras de la calles
. según las alturas de las edificaciones
. según las orientaciones de las calles
. según las pendientes del soporte

También se podría haber tenido en cuenta, el número de forjados de la fachada, para la forma y dimensión de los huecos. Siempre en los pisos superiores las obstrucciones serán menores. Sin embargo en los pisos inferiores, para recibir unas horas favorables de sol, los huecos deberían ser mayores. En edificios de más de cinco plantas, estas variaciones son relevantes, y también pueden formar parte de las técnicas de acondicionamiento pasivo.

O el empleo del *"tejado plano"* indiscriminadamente en cualquier latitud, solución no adecuada para los climas lluviosos o calurosos ya que la azotea plana recibe una gran cantidad de radiación solar directa, de la que será necesario protegerse. O la *"abolición de las cornisas"*, que exponen a la degradación acelerada las fachadas, e impiden las sombras de los aleros sobre los huecos superiores de la fachada que son los que reciben un mayor soleamiento.

Otro caso significativo y relevante es la *Ordenanza de zonificación de 1916 de Manhattan*, la cual dividía la ciudad en distritos en los que se limitaba la altura de la edificación sobre la alineación oficial en proporción al ancho de calle. A partir de ese límite el edificio tenía que retranquearse a razón de un pie de retranqueo por cada dos pisos construidos. Esto dió lugar a la profusión de edificaciones escalonadas, y muchas incluso con planos inclinados para que pudiera entrar el sol. Es curioso que esta ordenanza no fijaba la altura máxima de la edificación, lo que dan lugar a rascacielos escalonados (casi interminables), que hoy forman parte indiscutible de la imagen de la ciudad. El derecho de soleamiento de las edificaciones colindantes dio lugar a estas ordenanzas.

Frente a este panorama general veamos cuales pueden ser las estrategias más convenientes para un clima continental. La situación más desfavorable es la del invierno, donde el recorrido del sol es el más corto de todo el año en cualquier latitud del hemisferio norte.

La necesidad de sol depende del climograma de cada lugar, según su latitud. En sitios frios, se considera necesario tener al menos **cuatro horas de sol** durante las horas centrales del día, en la situación más desfavorable (el solsticio de invierno). A las 12,00 horas es cuando se produce la máxima altura solar, por lo que se considera suficiente tener la fachada soleada al menos desde las 10,00 hasta las 14,00 horas, englobando de esta manera las horas en las cuales el sol alcanza las alturas solares mayores, por lo que sus rayos incidirán más favorablemente sobre las fachadas de los edificios. Con éstas cuatro horas en el centro del día, **queda garantizada el 75% de la radiación solar posible** (según cálculos realizados [24] ).

En otras situaciones climáticas estos requerimientos pueden variar. La conclusión es no adoptar nunca soluciones o requerimientos climáticos diferentes a nuestra zona de estudio. Recordemos que la altura solar varia sustancialmente con la latitud del lugar, por ejemplo la altura solar de diciembre en Las Palmas de Gran Canaria, es la misma que en los meses de febrero y octubre en Madrid o con los meses de enero o noviembre en Santander. Por lo que la recomendación general es establecer las necesidades de sol, de acuerdo con las estrategias del climograma de cada lugar y con su recorrido solar.

*- Soleamiento de fachadas según orientación*

Dado que el sol tiene un recorrido de este a oeste por el sur, el diseño de las fachadas se verá completamente condicionada por esta circunstancia. Esta diferenciación de fachadas según orientación, es muy frecuente observarla en las edificaciones populares, ya que abrir un gran hueco en la fachada norte (si el clima es frio), supone un enfriamiento innecesario. Sin embargo, las galerias acristaladas, las balconadas, etc, siempre están en la fachada sur para favorecer el efecto invernadero [25]. Parece que este criterio tan elemental lo hemos olvidado en las edificaciones actuales. Como recomendaciones generales se citan las siguientes, para un clima continental:

[24] El profesor Neila tiene varias publicaciones referidas a estos temas en los Cuadernos del Instituto Juan de Herrera, editados por la ETSAM.

[25] Efecto mediante el cual se produce el calentamiento del aire a través de un cristal que recibe radiación solar directa, y que no Idebido a las condiciones propias del acristalamiento.

. Considerar la orientación a la hora del soleamiento de cada fachada. La fachada que más radiación recibe es la sur, la que menos la norte. La este el sol de la mañana y la oeste el de la tarde. La oeste siempre deberá estar protegida por el efecto del sobrecalentamiento del aire. Estas protecciones pueden ser de muy diversa naturaleza, fijas, móviles, externas, internas, brise-soleils, toldos, etc, soluciones que han aparecido a lo largo de la historia. Además es aconsejable crear un microclima externo beneficioso, con arbolado caduco en la acera orientada al oeste o presencia de agua, como mínimo.

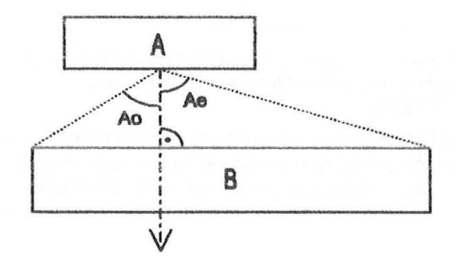
. Considerar la "quinta fachada", la azotea, ya que recibe una gran radiación y puede ser muy aconsejable su utilización como superficie complementaria captadora. Si se van a instalar paneles fotovoltaicos o solares en la cubierta, se colocarán inclinados los grados de la latitud del lugar. (40º en el caso de Madrid, por ejemplo).

. Considerar que la fachada no tenga obstrucciones. Si la fachada está bien orientada, pero otra edificación enfrentada le da sombra no lograremos el mínimo de horas de sol recomendables. En este sentido podemos corregir situaciones desfavorables con tres posibles estrategias correctoras:

1 Disminuir las alturas de la edificaciones.
Si las edificaciones son de mucha altura, mayores van a ser las obstrucciones sobre los edificios enfrentados.

2 Aumentar la anchura de las calles
A igual altura de edificación, con una anchura de calles mayor, disminuye el ángulo de obstrucción solar, por lo que aumentan las horas de sol de la fachada.

3 Variar la orientación de las calles
La fachada sur es la que va a recibir el máximo número de horas de sol, pero también hay que considerar la curva de obstrucciones solares, que tapa el recorrido mínimo del solsticio de invierno. Una variación de 15º, 30º, de la orientación de la fachada con respecto al sur hacia el este, puede derivar a situaciones también favorables




Ae: Ángulo del acimut este del extremo de la cornisa de la edificación enfrentada
Ao: Ángulo del acimut oeste del extremo de la cornisa de la edificación enfrentada

. En las orientaciones desfavorables localizar usos complementarios, o los que se denominan "no vívideros", como despensas, cuartos de baño, cocinas, etc. Esta distribución tiene mucho que ver con la tipología edificatoria que se detalla a continuación.

### 2.3. *Estrategias para diferentes tipologías edificatorias*

Según las diferentes tipologías edificatorias se pueden precisar algunos condicionantes para mejorar el soleamiento de las edificaciones. Se va a considerar el clima continental, con inviernos fríos, veranos calurosos y poca humedad relativa. En general a mayor densidad (viv/Ha), más posibilidades hay de sombreamientos, por lo que la tipología con más determinaciones serán las de manzana cerrada y los bloques.

1. Tipología de vivienda unifamiliar aislada:

Esta tipologia no tiene muchas restricciones. Si la vivienda cuenta con una parcelación > 500 $m^2$ y son de dos plantas, no se van a producir obstrucciones solares dentro de la misma, por lo que la vivienda puede auto-orientarse en la parcela convenientemente según sus necesidades.

De cualquier forma, y como recomendación general, las calles con orientaciones este-oeste dejan parcelaciones con fachada principal en orientación sur. También son recomendables las orientaciones con giros de 15º, 30º, 45º desde el sur hacia el este, en climas con necesidad de radiación en invierno y protección en verano.

Si las parcelaciones forman conjuntos de manzanas, hay que considerar que en unas se entrará por la fachada sur, y en la otra por la fachada norte. Pero en ambas la localización de los espacios principales vivideros de la vivienda se colocarán hacia el sur.

1. fachada norte: disposición de cocinas, tendederos, garajes, cuartos de baño, lavandería, cuartos de instalaciones, etc.

2. fachada sur: salón-comedor, salas de estancia, dormitorios, etc.

## 2. Tipología de vivienda unifamiliar adosada:

En esta tipología hay que considerar las cartas solares según orientación y longitudes máximas de fachadas enfrentadas, ya que es frecuente que las hileras de viviendas adosadas sean largas (o extremadamente largas). Es preciso considerar los agrupamientos de viviendas adosadas, si son en hileras o en manzanas:

. Agrupamientos en línea.

En este caso, las parcelas cuentan con dos calles, una de las cuales será la de la fachada principal (hacia el sur o sus variaciones), y la otra será la norte donde se colocará preferentemente el acceso. Recomendaciones de diseño:

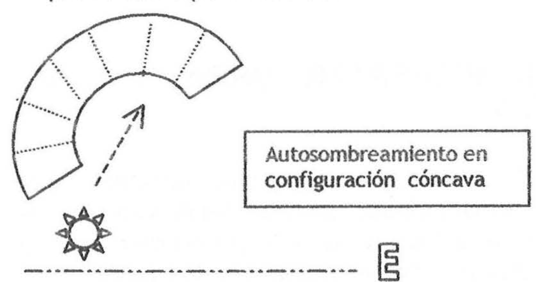
- las fachadas principales se orientarán hacia el sur o sus variaciones, y los jardines principales también.

- los conjuntos lineales se aconsejan que sean de 8 viviendas por ejemplo en la misma directriz, para evitar monotonía y articulación del conjunto, y limitado su frente edificado, por motivos funcionales y de soleamiento.

- los conjuntos curvos pueden ser:

  a) curva convexa, aparecen viviendas con peor soleamiento.

  b) curva cóncava, se puede producir una sombra propia arrojada que puede favorecer la autoprotección de los meses sobrecalentados del conjunto, si es procedente por el clima.




- conjuntos con retranqueos. Favorecen el paisaje urbano y la articulación compositiva de las fachadas. Hay que estudiar que no se produzcan sombras arrojadas sobre las superficies acristaladas captadoras, provocando sombras en el invierno.[26]

- casas patio. Agrupaciones en conjuntos con patios muy adecuadas para climas con veranos cálidos.[27]

. Agrupamientos en manzanas.
Otra combinación es disponer conjuntos de varias parcelas unifamiliares adosadas, configurando una manzana. En estos casos hay que resolver los accesos de las fachadas norte y sur, siempre en la sur los espacios vivideros principales, y los jardines, para que las plantas tengan buenas condiciones de soleamiento. Recomendaciones de diseño.

- Diseñar las manzanas de formas alargadas. Unión de dos parcelas en sentido norte-sur, y de cuatro, seis, ocho en sentido este-oeste. Esta forma es la que garantiza un óptimo de soleamiento invernal en climas continentales

- Formar manzanas alargadas, pero limitando la longitud máxima. Los conjuntos más largos, suponen frentes demasiado rígidos y monótonos para el conjunto urbano. Es aconsejable, quebrar la manzana, cada cuatro o cinco parcelas con un ángulo de 15º, o 30º hacia el este.

- Respetar las distancias mínimas, en relación al ancho de las calles, o hacer los cálculos para no dejar las fachadas enfrentadas sin sol .

- La disposición de la edificación en la manzana puede ser de dos formas:

  a) edificaciones alineadas a vial, dejando un espacio interior de jardines privados. Tiene la ventaja de configurar frentes urbanos interesantes, pero hay que considerar que las viviendas de las parcelas superiores, tienen que disponer sus espacios vivideros hacia el sur, y no hacia la fachada de acceso desde la calle.

  b) edificaciones retranqueadas, con jardines hacia la calle, y otro en el interior de uso particular. En este caso, se pierde el carácter de "calle" tradicional, es más tipo ciudad jardín.

## 3. Tipología de bloque abierto

Resulta fundamental estudiar la relación entre la altura de los bloques y sus separaciones con respecto a las diferentes orientaciones. El tópico

[26] Un buen ejemplo las Casas en hilera en Sunila de Alvar Alto, 1935-1938, en libro *La proyectación de la ciudad moderna*, L.Benévolo. GG

[27] Ejemplos con casas-patio las de Ch. Alexander y S.Chermaneff y la ciudad horizontal de L.Hilberseimer en 1929

de separar los bloques la misma distancia que su altura solo es válida en las orientaciones sur-este o sur-oeste. Además es necesario saber cuantas viviendas se distribuyen por planta, ya que no se deben olvidar los siguientes objetivos:

- que no haya ninguna vivienda orientada exclusivamente al norte
- que no haya espacios vivideros (comedores, salones, estares o dormitorios) con orientación norte.

Para cumplir éstos objetivos en planta, se puede colocar el núcleo de comunicaciones en la fachada norte, con los ascensores, las escaleras y los corredores de distribución, de forma que la orientación de las viviendas sea sur[28]

Puede resultar muy conveniente la disposición de patios interiores en el bloque para favorecer la ventilación cruzada y la apertura de los huecos de las cocinas, despensas, baños, etc. De cualquier forma, se trata de conseguir un equilibrio entre las estrategias bioclimáticas y los costes, para lograr un resultando verdaderamente eficiente. Existen muy buenas soluciones ya planteadas, pero no hay que olvidar que uno de los rasgos fundamentales es diseñar siempre con los condicionantes del clima local, por lo que muchas soluciones no son extrapolables de unos lugares a otros.

Con bloques de más de cinco plantas hay que considerar el espacio perdido por la sombra. Es decir, existirá una zona en sombra permanente que condicionará la distribución de los usos de los espacios libres circundantes a la edificación. Para estos espacios exteriores a los bloques se deberá:

. Lograr que las zonas de usos estanciales de los espacios libres tengan buen soleamiento en el invierno y sombreamiento en el verano. Se pueden usar arbolado caduco, o elementos flexibles o móviles para lograr estos objetivos.

. Será necesario calcular las sombras arrojadas de 10 a 14.00 horas en el invierno, considerando que son las horas en las cuales la población usará preferentemente estos espacios, y garantizar con ello que disponen de soleamiento.

. En los espacios de sombras perpetuas, se pueden localizar usos de aparcamiento.

## B. CAPTACIÓN DE RADIACIÓN SOLAR DIFUSA

La captación de la radiación solar difusa se da cuando existen condiciones de alta nubosidad, zonas de sombras perpetuas o fachadas sin sol (las de la orientación norte).[29]

**La radiación difusa,** es la procedente de la refracción y difusión sobre las superficies colindantes o la atmósfera, de la radiación solar directa. Su existencia se materializa claramente en los días nublados, sin sol. Es un factor importantísimo el albedo del suelo, diferente según la composición del mismo, y en clara diferencia entre el medio natural y el urbano, donde predominan las superficies pavimentadas y asfaltadas. La radiación difusa está totalmente relacionada con la iluminación. Un pavimento oscuro refleja poco la luz y aporta al ambiente menos iluminación . Se resumen a continuación los valores de albedo superficial más característicos de los acabados urbanos más frecuentes:

| ALBEDO DEL SUELO :TIPO. | VALOR. |
|---|---|
| ASFALTO | 0,02-0,04. |
| BOSQUE BOREAL EN VERANO | 0,10-0,20. |
| PRADERAS Y CAMPOS | 0,15-0,20. |
| CÉSPED | 0,18-0,25. |
| MACADAM | 0,18-0,25. |
| AREA SECA | 0,20-0,30. |
| CEMENTO HORMIGÓN | 0,50-0,60. |

# 3. EL BIENESTAR URBANO Y EL VIENTO.

El viento constituye un régimen laminar cuyas causas a nivel global, procede del movimiento de rotación de la tierra y de la diferencia de presión y temperaturas entre el ecuador y los polos. Este régimen general no es determinante para la escala de la planificación urbana. Son los vientos locales los que necesitamos conocer, analizar y considerar para lograr el bienestar en los espacios exteriores urbanos y mejorar las condiciones del microclima local. No olvidemos como el viento, constituye una de las estrategias

[28] Alvar Alto tiene algunas torres en abanicos abiertos hacia el sur, y con los servicios y comunicaciones al norte, que cumplen perfectamente estos objetivos. Torre Schönbul de Lucerna 1966-1968. Torre Neue Vahr de Bremen 1959-1962 . Otros ejemplos en Gentofte, A.Jacobsen 1960-1961; o en Kauttua de A.Alto 1937-1940.

[29] La captación de radiacion solar difusa es muy importante para el norte peninsular. Por ejemplo en Vitoria el 80% de los dias esta nublado en el invierno, por lo que aunque es muy necesaria la radiación solar directa esta no llega debido a la nubosidad.

básicas que propone Olgyay para conseguir el confort de un lugar.

Desde la antigüedad son conocidos sus efectos favorables y perniciosos. En occidente destacan las recomendaciones de Aristóteles, Xenofonte o Vitrubio, divulgadas en el Renacimiento. En general en los asentamientos de los pueblos mediterráneos (griegos, romanos) huían de las grandes calles por las que se encauzan los vientos (tramontana, mistral o bora), y hay numerosos ejemplos en los trazados de la arquitectura popular en los que se descubre esta protección resguardada de los espacios abiertos . El profesor Fernando de Terán recoge y analiza algunos ejemplos de ciudades interesantes a este respecto de Europa e Hispanoamérica[30]

La dificultad de determinar los vientos locales es múltiple. Por un lado, existen pocas estaciones metereológicas que registren sus datos. Además la ciudad introduce numerosos elementos perturbadores de las corrientes que derivan en unas consecuencias a veces imprevisibles. Comentaremos algunos de estos factores.

*3.1.Consideraciones generales del viento en la ciudad*

Si los obstáculos naturales suponen una alteración sobre una corriente de viento, la ciudad es un área donde aparecen numerosos frenos que van a condicionar de una manera significativa su régimen. Es más, se puede hablar de un régimen de vientos específico de la ciudad, diferenciado del de su entorno circundante, que participa en la caracterización del microclima urbano.
Es preciso reconocer la dificultad de predecir estas situaciones. Siendo los estudios de viento y su variación urbana muy importantes para el bienestar de la población, son pocos los trabajos empíricos realizados y suficientemente contrastados como para poder sacar conclusiones al respecto. Destacan los realizados por Olgyay, en 1963, referidos a los flujos de aire en el interior de las edificaciones [31]. Muchas veces son las experiencias reales las que pueden servirnos como casos prácticos frente a nuevas propuestas, sin olvidar las particularidades propias de cada lugar. Como norma general la presencia de manzanas, edificios, y elementos urbanos, frenan las corrientes de aire con respecto a las del entorno circundante, formándose una especie de bolsa de aire parado que frena otras corrientes del entorno. En Paris, según Maurian, la velocidad media del viento en el centro de la ciudad es la mitad que en las afueras. En la mayor parte de las ciudades, la frecuencia de las calmas aumenta en el centro urbano respecto a los alrededores.

Otro factor relevante es debido al aumento de la temperatura en la ciudad, la conocida como "isla térmica". La presencia de este aire caliente en el centro de la ciudad provoca corrientes ascendentes de aire, con lo cual se forma un centro de bajas presiones que aspira el aire a su alrededor en todas las direcciones. Si el clima lo propicia, surge así un sistema de circulación de aire propio de la ciudad, aunque esto se puede ver profundamente modificado por la presencia de la contaminación urbana. Algunos científicos han estudiado experimentalmente, pero es casi imposible establecer conclusiones generales para otras situaciones urbanas, ya que las condiciones propias de cada ciudad y la composición de su masa edificada desvirtúan cualquier conclusión general.

*3.2.Estrategias urbanas con condicionantes del viento*

Vista la dificultad de generalizar los movimientos del viento en la ciudad, sin embargo, si se pueden enumerar algunas consideraciones generales. Se detallan a continuación algunas de ellas:

1- Sección y orientación de las calles según vientos dominantes (de invierno o de verano). Las calles de la ciudad son como corredores que encauza las corrientes de aire. Si las calles son estrechas y con gran altura de edificación se produce el efecto de túnel que al disminuir la sección aumenta su velocidad. Por el contrario, calles anchas y con poca altura de edificación, diluyen las corrientes de viento y los aminora.

Además está el factor combinado de orientar las calles en la dirección de los vientos dominantes de invierno o verano para conseguir efectos añadidos para el bienestar de los espacios libres de la ciudad. En lugares frios se evitarán la disposición de calles rectas y largas encauzadas en la dirección de los vientos invernales. En lugares cálidos se propiciarán las calles largas y rectas en la dirección de los vientos estivales. Es necesario considerar unas velocidades máximas,

[30] Fernando de Terán , "La ciudad y el viento", recogido en los apuntes de Introducción a la urbanística ,año 1964, y en la revista *Arquitectura*, del COAM

[31] Ejemplificado con maquetas y dibujos son muy interesantes sus conclusiones, en las paginas 100-112 de su libro *Arquitecturas*..:Op,cit., referido a edificaciones, no a espacios urbanos

ya que a partir de las cuales aparecen problemas de inconfortabilidad:[32]

| | |
|---|---|
| Invierno: Recomendable | 0,00 a 0,20 m/sg |
| Verano: Recomendable | 0,20 a 0,55 m/sg |
| Agradable | 0,55 a 1,10 m/sg |
| Aceptable | 1,10 a 2,00 m/sg |

Habrá que estudiar si es posible que el viento entre en los espacios centrales urbanos, considerando su posición relativa con respecto a las direcciones de procedencia.

Para el Proyecto de ensanche de Madrid en 1860, Castro consideró los informes metereológicos para el trazado de la cuadrícula del Barrio de Salamanca. El resultado fue un entramado con las calles orientadas norte-sur y este-oeste, "*ya que los vientos llamados cardinales son de menos duración en cada año y por consiguiente, los más ventajosos para señalar por su dirección la de los ejes de la población nueva*".[33]

2- Los "obstáculos" urbanos y sus repercusiones. Las edificaciones en altura suponen una barrera importante para los vientos, que además convierten los flujos superiores en diferentes corrientes (en las esquinas, en la base, etc.), que pueden multiplicar por tres la velocidad de viento inicial.

La cuantificación en el aumento de la velocidad es difícil de precisar, pero la observación y la experiencia nos muestra como en todas las áreas de rascacielos se producen en el suelo corrientes permanentes de aire todos los dias del año, provocadas por el efecto del viento sobre las edificaciones en altura (en Madrid por ejemplo, siempre hay viento en la Plaza de España, ya que desde la cuenca del rio Manzanares las corrientes de aire chocan con el edificio España y la Torre de Madrid, ambas de gran altura. Otro ejemplo característico es la zona de Azca, donde las corrientes son fuertes y molestas para los viandantes)

3- Distribución de los usos de los espacios libres
Para la distribución de los espacios libres urbanos, es imprescindible considerar los factores de viento, ya que estos condicionan el bienestar y el uso posible de los mismos. Una buena medida consiste en colocar los espacios libres abiertos en las direcciones de calma de viento de los meses más frios. También resulta adecuado establecer barreras protectoras (de vegetación, o con elementos edificados -muretes, desniveles, bancos, etc-) para resolver las situaciones más desfavorables.

En general, si el clima es extremado, la solución será localizar espacios libres adecuados al invierno y otros al verano. Quizás también seleccionando diferentes usos para cada estación.

4.- Consideración de los espacios abiertos y plazas.
En ciudades con importantes vientos, será necesario considerar qué pasa con las plazas y los espacios abiertos. Si una corriente de viento encauzada a través de las calles, llega a una plaza, siempre se produce una expansión que deriva en la localización de sitios resguardados del viento y sitios expuestos a corrientes y remolinos.

Estas áreas son difíciles de predecir, sobre todo debido a los posibles cambios estacionales, pero son determinantes a la hora de disponer los usos pormenorizados de las plazas urbanas. Los usos estanciales (bancos, terrazas al aire libre,..) precisan protección de vientos fríos y brisas estivales.

5- Los acabados superficiales (texturas poco o muy rugosas)
El régimen laminar de las corrientes de aire se modifica por el acabado superficial (la textura), por la que discurre. En este sentido, las texturas lisas (asfaltos, embaldosados, pavimentos continuos..) ofrecen menos resistencia que los rugosos (cantos rodados, tierra vegetal, ..)

Algunos autores han propuesto una escala de rozamiento para diferentes texturas, (mar, vegetación, acabados urbanos..), pero considero imprescindible estudiarlas con respecto al viento local y a las circunstancias particulares de cada ciudad.[34]

6- Las barreras contra el viento.
Cualquier "obstáculo" situado en la dirección del viento dominante actúa como barrera. Lo importante es considerarlos a la hora de plantear la ordenación de los espacio urbanos. Una de las barreras más empleadas, son las barreras vegetales. A este respecto es necesario hacer las siguientes observaciones:

32 *Condicionantes de diseño higrotérmico...*Op.Cit. pagina 29 profesor Neila. 2000

33 Carlos Maria de Castro, de la *Memoria descriptiva del ante-proyecto de ensanche de Madrid*, Madrid,1860

34 Curvas de variación de la velocidad del viento con la altura para diversos tipos de suelos, basado en Konya, en *La ciudad*....Op.cit, pagina 132.

. Situar siempre **dobles o triples** barreras perpendiculares a la dirección de los vientos dominantes. Una única barrera produce casi inmediatamente un remolino trasero que hay que mitigar y no son tan efectivas.

. Considerar adecuadamente **las especies** vegetales que configuren la barrera. En este sentido, lo usual son las especies perennes (abetos, tuyas, cipreses, etc), que por la forma de sus hojas y por no perderlas nunca son eficaces durante todo el año. Ante esta regla general, es preciso considerar las particularidades propias de cada ciudad, ya que puede ser que éstas especies sean totalmente ajenas a la vegetación autóctona y no sean las más apropiadas. En otros casos es necesario dotarlas de una cierta flexibilidad. Ante estas situaciones se pueden combinar especies perennes con otras caducas (de esta forma las barreras invernales y estivales son diferentes) . En muchos pueblos de Castilla, lo usual son las barreras de chopos y álamos (que son caducos) situados en un entorno circundante a la localidad.

. Combinar el arbolado con los **setos,** ya que se pueden filtrar corrientes molestas por debajo de las copas de los árboles.

. Considerar las **limitaciones** de las barreras vegetales ante vientos muy fuertes. Los árboles se doblan en la dirección de estos vientos fuertes y dejan de ser eficaces. Ante estas circunstancias es necesario combinar la barrera vegetal con otras edificadas (muretes, cercados, rampas, o incluso determinadas edificaciones auxiliares)

Verdaderamente las mejores barreras son las propias edificaciones de la ciudad y resguardar las calles de la dirección de los vientos dominantes perjudiciales.

7- Los usos industriales y el viento

Para la localización de usos industriales es condición indispensable que se sitúen a sotavento con respecto a la dirección del viento dominante de los usos residenciales. Cada industria es un foco de contaminación del aire. Por lo que para la determinación de su área de influencia, a partir de cada una de ella se trazará un circulo de radio proporcional a la presión máxima del viento y la emisión de contaminante potencial de la misma. Todas las zonas de usos residenciales quedarán fueran de estos sectores de contaminación bajo la influencia de la industria, preferentemente.

Sigue siendo un tema interesante abordado por importantes autores [35].

# 4. EL BIENESTAR AMBIENTAL Y SOCIAL EN LA CIUDAD

## *4.1.La planificación equilibrada*

Kevin Lynch en el epilogo a un conjunto de trabajos sobre la ciudad establece algunos elementos de diagnostico de los problemas urbanos en el año 1965, que están todavía vigentes (si no incrementados). La ciudad produce desajustes y problemas que tienen su origen en cuatro causas; la primera es "la carga de tensión" que produce sobre las personas , ruido, violencia y desconcierto. La segunda es la "carencia de identidad visual". La tercera es la "angustia" que experimentamos por la imposibilidad de comprender su lenguaje, su ambigüedad, confusión, o discontinuidad. Por último, la cuarta es la "rigidez" de la ciudad, falta de sinceridad y de franqueza.[36]

Los criterios para lograr el bienestar social, son pues los contrarios: reducir las tensiones de impactos negativos externos, proporcionar identidad a los espacios urbanos, dotar a la ciudad de un lenguaje comprensible, y flexibilizar sus espacios.

El objetivo de la sostenibilidad global se encuentra hoy más relacionado con la equidad que con el desarrollo.

## *4.2.Respuestas para el bienestar urbano medioambiental*

---

[35] Bibliografía complementaria relativa al viento y la ciudad Abercombie, P. *Town and country planning* New York, 1933; Aresi, A, *Urbanistica*, Milano; Aronin, J, *Climate and architecture*, New York, 1953; Bardet, G, *Problems d'urbanisme*. Paris 1948; Bruner K,. *Manual de urbanismo*, Bogotá 1940; Castro C.M. *Memoria descriptiva del anteproyecto de ensanche de Madrid*, 1860; Eckbo, G. *The art of Home landscaping*. Nueva York, 1956; Fontseré, E. *Elementos de meteorología*. Barcelona; Geiger: *The climate near the ground*. Harvard Press, 1950. USA; Lavedan, P. *Historie de l'uisme*, Paris 1941.; Rigotti, *Urbanismo. La técnica*. Torino; Terán , F. De, *La ciudad y el viento*, Arquitectura

[36] También Louis Wirth define las características del modo de vivir en la ciudad y en el campo en su clásico texto "Urbanism as a way of life", *American Journal of Sociology, 44* 1-24 en el año 1938, y que traducido al castellano forma parte de varios libros (por ejemplo *La ciudad y otros ensayos de ecología urbana* de Robert Ezra Park, ediciones del Serbal, 1999)

El desarrollo futuro de las ciudades deberá ir adecuado al perfil climático y territorial de cada lugar, considerando las peculiaridades intrínsecas de cada lugar y grupo social. Las respuestas no pueden ser extrapolables de unos lugares a otros. Algunas recomendaciones generales son:[37]

1 Ordenación territorial y gestión de los recursos del medio de acuerdo con los usos adecuados y la vocación de los diferentes soportes

2 Reducción de la contaminación del agua, respetando y cerrando el ciclo hidrológico en la medida de lo posible (controlar el consumo de agua potable indiscriminadamente, no contaminar recursos de aguas subterráneas, eficiencia en la purificación y distribución de su reutilización, aprovechamiento del agua de lluvia, etc)

3 Reducción de la contaminación atmosférica. Desde el control de la movilidad por la distribución de los usos del suelo, pasando por la sustitución de los medios de transporte, reducción de la demanda de la movilidad urbana y suburbana, transporte público fluido y no contaminante, hasta la automatización de la gestión de los aparatos domésticos eléctricos y calefacciones.

4 Uso racional y eficiente de la energía urbana en todas sus escalas, con medidas desde la experimentación de nuevas tecnologías energéticas para los usos residencial y dotacional, hasta la reconversión energética de los edificios más contaminantes, implantación del diagnóstico energético de la edificación (ejemplificada primero en los edificios públicos), y la conversión de los residuos industriales y domésticos para la reutilización energética (plantas de cogeneración de residuos, por ejemplo).

En la España interior, se dan una serie de peculiaridades que es necesario considerar. En primer lugar su régimen pluvial y de temperaturas, que lo hace extremado y seco. La baja inversión en investigación para resolver los problemas específicos, la gran diferenciación entre regiones y la presión que el turismo ejerce sobre la zona costera, son algunas de sus particularidades.

Algunas respuestas específicas son:

1 La construcción bioclimática en países mediterráneos puede producir unos ahorros de hasta el 70% en el consumo de energía para calefacción.[38]

2 Empleo de un sistema de gestión completa del agua. Por medio de instalación de sistemas de recolección del agua de lluvia y sistemas de reutilización del agua en los edificios; la protección de las zonas de abastecimiento de agua; un tratamiento de las aguas residuales para mejorar la calidad del agua en los sistemas fluviales con usos adecuados; y por último desde la planificación urbana considerando los recursos y los consumos, además de preservar las áreas inundables.

3 Introducción de reglas y estándares sobre sostenibilidad en las actividades de diseño y planificación. Incorporación sistemática de los principios de sostenibilidad en las herramientas de planificación urbana y ordenación del territorio mediante reglas y estándares en cada nivel de actividad urbana. Definición de las verificaciones adecuadas para establecer chequeos y controles a medio plazo.

4 Equilibrio entre recursos y consumos. Por ejemplo entre la conservación y explotación del patrimonio natural y construido. O la reutilización del territorio en términos de recalificación y restauración de zonas en malas condiciones, rehabilitación urbana o regeneración de barrios desfavorecidos.

Las soluciones, a modo de estrategias o directrices, pueden ser de muy diversa índole, planteadas desde la planificación local. Los Ayuntamientos son hoy día los responsables directos de la Clasificación y Calificación del suelo municipal, pero el papel coordinador y regulador de la Comunidad Autónoma es incuestionable. Por ello, de ahí parten las soluciones para

[37] Estas recomendaciones parten del IV Congreso Nacional de Medio Ambiente, celebrado en Madrid en 1998, pertenecientes al grupo de trabajo "*Tecnología y Medio Ambiente*" elaboradas por un grupo importante de expertos profesionales de numerosas disciplinas.

[38] Conclusiones expertos IV Congreso Nacional de Medio Ambiente, Madrid, 1989.

afrontar el reto de la sostenibilidad desde esta escala supramunicipal.

Se enumera el Decálogo del Diseño Urbano Sostenible, extraído del texto presentado para el V Congreso Nacional de Medio Ambiente (2000), y que nos recuerda los principios elementales que debe incorporar el planeamiento a fin de avanzar hacia el camino de la sostenibilidad. [39]

1. *Sol* y orientación del sistema general viario y las construcciones de acuerdo con las necesidades climáticas de cada localidad ya sea para captación, protección o mixto.

2. *Agua*. Captación y acumulación del agua de lluvia (para uso de riego, limpieza, etc y para mejorar la humedad ambiental). Consumo consciente del agua adecuando la calidad para cada uso. Tratamiento de aguas residuales reutilización y vertido depurado.

3. *Residuos*. Reducirlos en la medida de lo posible . Eliminación consciente e inteligente con la regla de las tres "R" (reciclar, recuperar, y reutilizar).

4. Estructura de peso cuantitativo y cualitativo del sistema general de *espacios libres y zonas verdes*. Para el control microclimático, y base de usos recreativos, deportivos y de relación social. Sin olvidar la biodiversidad, el empleo de plantas autóctonas, su dinámica cambiante y las necesidades y usos, de la sociedad futura.

5. Máxima accesibilidad a *equipamientos, dotaciones y servicios principales urbanos*. Considerando un radio de 1,5 km como máximo, esto significa planificar con áreas poli-funcionales equilibrando el tejido urbano y articulándolo socio-espacialmente.

6. Empleo de materiales inocuos, no contaminantes (o sanos) en la fabricación, uso o eliminación , en todo el proceso constructivo de las edificaciones o de las ciudades.

7. Existencia de *políticas públicas de incentivo positivo*, desde cualquier escalón de la administración (europeo, estatal, autonómico o local) para cualquier actuación equilibrada con su medio . Su naturaleza puede ser muy diversa desde subvenciones, reducción de impuestos, etc todas encaminadas a lograr objetivos que beneficien al conjunto de la sociedad.

[39] Propuestas por J.Salazar, arquitecto, donde se combiana soluciones en varios frentes de intervenci'on (materiales, ciclos, eauilibrio social, etc)

8. *Reuso, Rehabilitación* o incluso reciclado de edificaciones. Considerar que el suelo es un recurso escaso, y que es más oportuno aprovechar los suelos ya consolidados de nuestras ciudades, que seguir creando zonas nuevas. Quizá sea necesarias medidas de re-equipamiento, mejoras urbanas del tejido, o de las infraestructuras, pero siempre serán menos costosas que crear nuevas zonas. Por otra parte, la sociedad demanda ahora actividades y usos que eran impensables hace años, por lo que es una buena estrategia, posibilitar los cambios de uso de las edificaciones públicas (o privadas) o incluso su flexibilidad de uso por estaciones o por dias de la semana, por ejemplo.

9. Consenso social e incentivo de la *participación ciudadana*. En este sentido la oportunidad de las Agendas Locales 21, es una ocasión muy positiva.

10. Introducir la contabilidad ambiental, en la *economía* de los costes diferidos de los impactos ambientales. Es decir, hacer las cuentas de cualquier desarrollo considerando también los costes ambientales del mismo. [40]

*4.3. La calificación de suelo y sus repercusiones ambientales.*

El zonning se generalizó tras las primeras experiencias en Alemania (1891), exportadas a Estados Unidos como mecanismos para estabilizar el mercado de suelo (explicado magistralmente por MANCUSO, 1980) [41], fue

[40] Estas medidas parten del texto desarrollado por J.Salazar, coordinador del Grupo de Trabajo "Arquitectura bioclimática y ciudad sostenible", del V Congreso Nacional de Medio Ambiente, noviembre 2000. También son interesantes la recopilación de Buenas Practicas en Urbanismo, resumidas por Isabela Velázquez, que las estructura en 1.Buenas Prácticas que podrían derivar en la incorporación de criterios de sostenibilidad al sistema de planeamiento convencional (como desarrollo en suelos reciclados –Barcelona o Bilbao-, recuperación de zonas degradadas –Santiago, Sª Cruz de Tenerife-, estrategias de movilidad sostenible –S.Sebastián, Granada u Oviedo- recuperación de sistemas fluviales, naturales o conexiones verdes con el territorio circundante, u ordenanzas como la solar de Barcelona, de agosto 2000)
2. Buenas prácticas con instrumentos alternativos. Como las Agendas 21-destacan las de Vitoria y Calvia-, planeamiento estratégico y planes ciudad- Plan ciudad de Girona- Proyectos Europeos –como los URBAN o de colaboración interregional como RECITE, ECOS-OUVERTURE, o PPU. Ya existen importantes experiencias pero a menudo son mas proyectos que realidades, verdaderamente contrastadas.
El libro de *Ecourbanismo*, de M.Ruano, Gustavo Gili 1998, recoge 60 ejemplos de desarrollos urbanos integrados en su medio

[41] Mancuso, *Las experiencias del zonning*. Colección de Ciencia Urbanística nº 21. Ed. Gustavo Gili. Barcelona 1980. El zonning estableció un mecanismo mediante el cual se

exportado a otros paises tras los Congresos del CIAM gracias a la labor imprescindible de Le Corbusier (1957).

Esta "nueva concepción" de asignación de usos diferentes a zonas distintas de la ciudad, fue positiva en un principio, ya que la localización industrial se desvinculó completamente de las áreas centrales urbanas, o por lo menos de las de mayor densidad de población.[42]

Recordemos como una postura tan radical surge ante una ciudad completamente caótica derivada de la instalación de las fábricas en la ciudad tradicional, con gravísimos problemas higiénico-sanitarios. Sin embargo, en la actualidad, estas políticas segregacionistas han caído en desuso, ya que la excesiva fragmentación de las actividades urbanas (productivas, sanitarias, educativas, culturales, recreativas, etc) provocan directamente la necesidad de desplazamientos, la congestión y la contaminación.

La distribución de los usos del suelo es determinante en numerosas consideraciones de trasfondo medio ambiental. Una de las más directa es la relacionada con la accesibilidad y la movilidad. La distribución de los usos del suelo en el territorio, implica a las políticas de tráfico, de polución y de gasto energético indirectamente y también de la congestión (uno de los principales problemas actuales).

El problema de la coexistencia y contigüidad entre actividades es un problema de definición de las condiciones ambientales que requiere cada actividad, traducida a índices de tolerancia por ejemplo, de forma que se mitiguen los aspectos negativos de unas actividades sobre otras (POZUETA 2000). En efecto, por un lado nos encontramos con un mercado de suelo variable y sometido a fluctuaciones continuas que derivan indirectamente hacia continuos cambios de actividades. Por otro, las actividades industriales y terciarias son cada vez más ambiguas, admitiendo en su división original mayor número de empresas, negocios etc. (son frecuentes las denominaciones de industria-limpia, para definir procesos más relacionados con la distribución y el comercio que con los procesos industriales tradicionales). Por eso una posible propuesta es establecer umbrales ambientales para las actividades dentro del suelo urbano, más que una zonificación de los usos del suelo (que siempre tiene que considerar además del uso característico o principal, otros usos tolerables, compatibles, u otros similares que se han generalizado en numerosas ordenanzas).[43]

### 4.4. *La densidad y sus consecuencias*

El debate de la **densidad** se puede resumir en la pregunta ¿ciudad compacta o ciudad difusa?. Algunos de los últimos congresos internacionales reflejan la preocupación de todos los estados por la escala del problema de la contaminación del planeta.[44] Los procesos de descentralización urbana de casi todas las regiones europeas favorecen los viajes pendulares y disparan los consumos y las emisiones contaminantes. Pero para cumplir los objetivos de reducción de las emisiones a corto plazo sólo existen dos caminos: o bien acortando las distancias recorridas por los usuarios o bien sustituyendo el transporte privado por transporte público (trenes o tranvías)

Los cambios que se deben introducir son de gran **envergadura** y se deben considerar desde las perspectivas financiera, social, pública y de la planificación urbana y territorial. Algunas conductas de futuro provocadas por el auge y desarrollo de los sistemas de telecomunicaciones pueden evitar desplazamientos urbanos. El teletrabajo, compras y gestiones bancarias por ordenador, etc, son ya una realidad en varios países, adecuados para reducir viajes en áreas de edificaciones dispersas.

Si es necesario no hipotecar la movilidad de los ciudadanos para sus diversas actividades y por otro lado es necesario reducir los recorridos para gastar y contaminar menos solo se pueden

---

controlaba la población regulando las actividades a las que se dedicaban (las lavanderias chinas de Chinatown de la ciudad de San Francisco).

[42] *Las experiencias del zonning*, de F. Mancuso, abordan toda esta problemática del nacimiento de la zonificación

[43] El profesor Pozueta, plantea algunas soluciones en su texto Movilidad y transporte sostenible. *Cuadernos de Investigaci'on Urban'istica n` 30,* pagina 39 .."puede resultar interesante cambiar la visión zonificadora ...por una óptica de búsqueda o resolución entre actividades cara a lograr un conjunto lo más integrado posible, separando y localizando en áreas específicas únicamente aquellas cuyos impactos son claramente incompatibles con el resto. ...una adecuada normativa de exigencias ambientales e impactos que incluya distancias y situaciones de incompatibilidad....puede resultar mucho más eficaz que una normativa zonificadora"

[44] Se han firmado compromisos internacionales para reducir las emisiones de $CO_2$ al 20% en el horizonte del año 2005. Por lo tanto no se trata sólo de frenar la tendencia actual sino de **invertirla** y conseguir una reducción significativa de las emisiones. Para conseguir este objetivo, es necesario cambiar radicalmente las tendencias actuales de desarrollo, localizar adecuadamente los usos del suelo y gestionar bien las políticas de transporte. El aumento de las distancias de los viajes urbanos diarios o semanales es progresivo, y esto implica cada vez más y más consumo

conseguir con una adecuada redistribución de los **usos del territorio**. Existen dos posibilidades: aumentar la densidad de los asentamientos o concentrar los usos y actividades de forma que los recorridos en las ciudades para trabajar, comprar o divertirse sean cortos y preferentemente a pie. Esto se denomina **"la ciudad compacta"**, tendencia que se ha valorado muy positivamente en las ciudades norteamericanas, pero que es la forma usual de las ciudades europeas. Peter Calthrope ha demostrado empíricamente la evidencia de que al aumentar la densidad se reducen los desplazamientos. O dicho de otra forma, a menor densidad urbana más consumo per capita. El ranking de las ciudades de mayor consumo de petróleo son las norteamericanas, pero también hay que considerar que es más barato, se corre más y los vehículos no tienen dispositivos de ahorro de combustible. Existe un circulo vicioso, cuanto más gente dispone de coche, los usos y actividades se dispersan en el territorio, y esto hace que cada vez exista mayor demanda de coches, y menos posibilidades de acceder andando o en transporte público a los usos. Los resultados comparativos de alojamiento de una población en varios modelos de distribución de ciudades, (compacto, radial, lineal, disperso en núcleos) fueron que la opción de la ciudad compacta, era la energéticamente más eficiente, y en segundo lugar la distribución de la población en 24 ciudades medias dispersas. Las ciudades jardín satélites provocaban numerosos tráficos internos entre ellas que quedarían resueltos si se dispusiera un ferrocarril de enlace interior. Los modelos lineales no resolvían gran cosa y en el caso de asentamientos radiales en las vías principales se generaba más congestión y atascos.

Algunos defensores de la ciudad compacta son Jacobs (1961), Newman y Keworthy (1989), Elkin et al. (1991) Sherlok (1991), Enwicht (1992), McLaren (1992), Owens y Rickaby (1992) , y la directiva de la Unión Europea, y resumen sus principales ventajas en la gran versatilidad de morfologías urbanas posibles, los transportes públicos que ofrecen movilidad para toda la población, la reducción de los tráficos en vehículo privado, la existencia de áreas polifuncionales a las que es posible llegar andando, menores costes para calefactar debido a la densidad de la edificación, la sociabilidad y los intercambios personales, y la seguridad ciudadana .

Los argumentos en contra de la ciudad compacta, según Breheny (1992), Knights (1996), Van del Valk and Faludi (1992), Green (1996), son: que la ciudad compacta y su densidad se puede volver en desventaja si se producen congestiones; que las telecomunicaciones permiten hoy una alejamiento de las zonas centrales para realizar numerosas funciones; que el concepto de ciudad-verde está en contradicción con el de ciudad compacta, ya que en esta las zonas verdes son escasas y en muchos casos residuales; que se producen inevitablemente segregaciones de población debido a la carestía del suelo urbano; que el aprovechamiento de energías pasivas son más fáctibles en viviendas aisladas o adosadas, con bajas densidades; que se producen inevitablemente concentraciones de poder y riqueza aumentándose la desigualdad social.

La conclusión es que el concepto de ciudad-compacta necesita ser revisado de acuerdo con los tiempos actuales, no solo considerando la ciudad sino también su territorio o de su área de influencia, adoptando para cada escala el modelo adecuado en base a sus particularidades y recursos. Tarde o temprano la cantidad de energía consumida será poco relevante; por lo tanto el problema de la dependencia del coche será más la congestión que la polución. (H.Frey, 1999) [45]

La adecuada planificación territorial y urbana, específica para cada ciudad, de acuerdo con sus características propias, garantizaría la reducción de los impactos medio ambientales y es sin duda el mecanismo más efectivo para la integración de los proyectos en el entorno.

### *4.5. Otras propuestas*

Uno de los planteamientos elementales para la sostenibilidad urbana esta en recuperar, rehabilitar o reacondicionar los suelos existentes. En efecto, en la ciudad hay gran cantidad de suelos que se encuentran abandonados, sin uso, pero que con una adecuada intervencion de recuperacion pueden volver a formar parte de la estructura de la ciudad . A continuacion se explican algunas estrategias referidas a la recuperación de las ciudades medias, la reestructuracion de la industria o la rehabilitacion urbana, como tres formas para mejorar el equilibrio ambiental, optimando los potenciales de lo existente.

** La oportunidad de las ciudades medias*

Una buena ciudad combina las principales cualidades de la ciudad tradicional (cultura,

[45] H.Frey, *Designing the city. Towards a more sustainable urban form.* London 1999, Epson & FN Spoon.

intecambio de ideas, ambiente creativo, servicios y facilidades) con las cualidades del hábitat suburbano (privacidad, aislamiento, libertad, tranquilidad, aire puro, jardines, parques y paseos) sin coger sus defectos de insostenibilidad (monofuncionalidad, baja densidad, dispersión, monotonía y dependencia del coche) (H.Frey,1999).

Es determinante, por tanto su tamaño (superficial) y su población. En este sentido en España existen un gran número de ciudades medias que cumplen estos objetivos, por lo que podrían ser una buena propuesta su regeneración y re-equipamiento como elementos estructurantes del territorio.

En estudios comparativos sobre calidad de vida urbana, estas ciudades aparecen siempre como las ideales para vivir, en base a que existe un equilibrio entre lo urbano, los recursos propios y lo social.

**La reestructuración de la industria en la ciudad*

Muchas ciudades, sobretodo las que han sido grandes centros industriales en la primera mitad del siglo XX han experimentado una des-industrialización. La industria que en tiempos pasados había sido ubicada en la periferia se quedan 'atrapadas' en el tejido urbano debido al crecimiento de la ciudad. Por distintas razones (mercado del suelo, logística, etc) La industria abandona la ciudad dejando un terreno valioso pero habitualmente en mal estado – contaminación del suelo y aguas subterráneas. El conjunto de la estructura industrial se caracteriza por el nuevo patrón de localización, en la medida en que la microelectrónica se difunde en la maquinaria y en los procesos de producción de todas las ramas industriales. El patrón de localización ahora se organiza en torno a cuatro elementos: centros de actividades I+D (de alto nivel en centros metropolitanos); las actividades de fabricación de alta calificación; la producción electrónica localizada en el sureste asiático y por último la distribución y atención al cliente cerca de las áreas metropolitanas. [46]

El desmantelamiento de la industria urbana presenta conflictos de objetivos entre la rehabilitación del suelo contaminado o la protección de la herencia industrial por los altos intereses económicos. Para la descontaminación de los suelos abandonados por actividades industriales, es necesario tratarlos en muchos niveles: biológico, técnico, jurisdiccional, financiero y legal. Sus métodos varían en función del lugar, el tipo de contaminación industrial y las agendas medioambientales locales, desde dejarlos donde están hasta la excavación y el transporte, el tratamiento in situ, o los sistemas biológicos.

El gobierno alemán cobra por la contaminación descargada en el río Rhin, en base a las cantidades y a la composición de la misma. Así además de conocer la naturaleza de la contaminación puede afrontar programas de su tratamiento. En Westafia, los nuevos bosques regenerados emergen dentro y alrededor de las estructuras industriales, con nueva vida salvaje. Usos de ocio, o deportes al aire libre son compatibles con las estructuras abandonas previamente descontaminadas [47]. El caso de las infraestructuras urbanas obsoletas es muy similar al de las industrias, ya que se trata de reasignar usos a espacios urbanos existentes degradados u obsoletos.

**La rehabilitación urbana*

La rehabilitación de áreas urbanas supone la forma más adecuada de sostenibilidad urbana. En vez de consumir nuevos suelos para nuevas viviendas, con sus necesidades de infraestructuras y servicios, en los barrios obsoletos o degradados estas necesidades se pueden solucionar aunque necesitan una inversión económica para garantizar la calidad de vida de sus residentes. Cada zona es diferente, pero como regla general se necesitan mejorar las instalaciones de las edificaciones, y las dotaciones y zonas verdes del barrio.

La tarea de regeneración urbana constituye uno de los soportes básicos de la sostenibilidad. Oda ciudad en su conjunto debe contribuir en modo decisivo a su propia regeneración ambiental, no disminuyendo la contaminación, sino participando en el reequilibrio de su propio ecosistema (C.Venuti, 1998). Esta regeneración urbana puede venir desde las intervenciones de reforma interior de las areas centrales urbanas. Actualmente han proliferado las intervenciones en cascos históricos españoles (de ciudades Patrimonio de la Humanidad, y otras),

[46] "El nuevo espacio industrial", en el capítulo acerca de El impacto de la globalización sobre la estructura espacial y social de las ciudades. Paginas 43 y siguientes del libro, *Local y global. La gestión de las ciudades en la era de la información*. J.Borja y M Castelles, Taurus, Madrid 1998

[47] Por ejemplo la práctica de escalada en la abandonada acería de Thyssen

encaminadas a su revitalización en todos los sentidos. [48]

El objeto de las estrategias generales de intervención en estos espacios centrales y singulares (históricos o no), es mantenerlos activos y multifuncionales, considerando sus peculiaridades de paisaje, de patrimonio, de actividades, etc para la población. Algunas estrategias más particularizadas, frecuentes en este tipo de espacios urbanos son:

1. Mantener la *estructura urbana* heterogénea y multifuncional y de sus elementos (red viaria, zonas verdes y equipamientos), mejorándolo en la medida de lo posible de acuerdo con los objetivos generales.

2. Estudiar en profundidad y con rigor la *morfología urbana*, resultado de un equilibrio entre el paisaje urbano, el medio natural e histórico, para establecer adecuadas ordenanzas y medidas de conservación ambiental y aprovechamiento particularizadamente a cada zona homogénea del conjunto urbano.[49]

3. Estimular la regeneración de la *población*, fomentando la llegada de familias jóvenes que tengan los servicios, equipamientos, e infraestructuras propias de cualquier tejido actual (desde colegios a fibra óptica, por ejemplo). Darle al uso residencial permanente, el característico de la zona, predominante sobre cualquier otro.

4. Adecuar las *actividades económicas* propias de un espacio tan singular, fomentando los que se consideren positivos (como comercio especializado, talleres artesanales, hostelería, usos de ocio, recreativos, culturales o artísticos entre otros) y limitando el resto sobre todo las oficinas, las industrias, bares con horarios indiscriminados, etc)

5. *Reequipar* estas zonas convenientemente a las actividades deseables recuperando o rehabilitando edificaciones singulares si es posible. De esta forma se lleva a cabo la recuperación del patrimonio histórico, por un lado, y la localización de usos culturales, artísticos o relevantes, por otro.

6. Mejorar la *accesibilidad*, dando prioridad a los recorridos peatonales frente a los rodados, al transporte público frente al privado, etc, siempre sin olvidar los sectores de población con capacidad de movilidad más reducida (niños, ancianos o minusválidos). Recuperar los espacios centrales para andar y pasear, estableciendo convenientemente las restricciones para el uso de trafico rodado (imprescindible para labores de carga y descarga, servicios urbanos de limpieza o recogida de basuras, servicios de emergencia, etc). Combinar los estudios de accesibilidad con los aparcamientos de residentes (preferentemente dentro de las edificaciones) y visitantes (en lugares próximos al centro pero que no lo congestionen).

7. Integrar el *paisaje urbano* con el paisaje circundante atendiendo a la visión cercana, media y lejana sobre el mismo sobre lugares elevados o singulares.

### *4.6 .Bienestar y equilibrio social*

El bienestar de los ciudadanos de una ciudad es la equidad y el equilibrio social. Partiendo de la recomendación que hiciera en el año 1990, la Unión Europea, en la que señalaba que "*el restablecimiento de la ciudad diversa y multifuncional de la Europa de los ciudadanos es por tanto un proyecto económico y social para el cual la calidad de vida_ no representa un lujo sino un rasgo esencial*". En este sentido, las ordenaciones urbanas sostenibles, se enmarcarán dentro lo que la Unión Europea considera un rasgo esencial de la ciudad diversa y multifuncional, que es garantizar un equilibrio entre el medio social y el urbano, de forma que se logre una mejora de la calidad de vida de sus residentes. Se pueden centrar los objetivos sociales de una ordenación, concretamente en dos:

[48] Recoge esta problemática el libro que coordinaron, Marchante, G y Troitiño Vinuesa, MA. *Vivir las ciudades históricas: recuperación integrada y dinámica funcional.* Editado por la Universidad de Castilla La Mancha, Cuenca, 1998, con textos de Francisco Pol, Troitiño Vinuesa, Daniel León, Ramón Osuna; J.J. Alonso Velasco, y Carlos Corral entre otros.

[49] Se aborda esta problemática, en el texto "Urbanismo bioclimático. Criterios medioambientales en la ordenación de asentamientos". Higueras, E. *Cuadernos de Investigación Urbanística nº 24.* Departamento de Urbanística ETSAM, 1998.

1º Búsqueda de diversidad poblacional del conjunto

2º Consideraciones a los sectores sociales más desfavorecidos – especialmente a los minusválidos y a la tercera edad-

En el ámbito urbano, confluye lo social con lo físico. Para que un conjunto residencial esté socialmente integrado, es necesario dotarlo de algunos elementos, entre otros muchos también significativos propuestos por otros autores, (Lefebvre 1967), (Castells, 1994), (G.Bellido 94), (S.Rueda 94). Los elementos, son los siguientes:

1. Complejidad
Solo los espacios complejos merecen el calificativo de ciudad, entendida ésta como el espacio capaz de contener una **variedad articulada**, que garantice múltiples oportunidades a sus residentes, y variedad de soportes para las actividades existentes y futuras. [50]

En el caso de una ordenación urbana, un barrio residencial realizado con un solo tipo arquitectónico, sin actividades complementarias y donde toda la población dependiese de una sola fábrica, es altamente vulnerable ante cualquier eventualidad (desde la reorganización industrial, al coste del transporte, etc). Frente a éste modelo de "barrio residencial" exclusivamente dormitorio, se puede contraponer una ordenación más compleja, dotado de distintas actividades, con distintos tipos de edificación, y con diferentes grupos de edad, clases sociales, etc. que será capaz de adaptarse a más condiciones externas variables. El "zonning urbano" representa una victoria de la simplicidad urbana sobre la complejidad, y a mi juicio desarticula el espacio social de una ordenación y lo hace más vulnerable.

2. Baja Vulnerabilidad
La vulnerabilidad define la capacidad del tejido social para transformarse negativamente o incluso degradarse debido a factores externos. En las àreas urbanas un espacio será tanto más vulnerable cuanto menos complejo sea, cuanto mayor sea su homogeneidad social, funcional o espacial, o cuando no existan vínculos y redes entre los distintos espacios y el entorno en su ámbito de influencia.

3. Jerarquía urbana
La jerarquía urbana es la articulación de los espacios urbanos en niveles por su funcionalidad, características sociales y ambientales. Es necesaria la jerarquía urbana para que las áreas urbanas tengan calidad propia la cual deberá estar funcionalmente articulada desde lo general a lo particular, en todas las escalas. Factores que necesita la jerarquía urbana es la correcta accesibilidad y que sea legible o reconocible por todos. En este sentido habrá que dotar a la ordenación de elementos urbanos jerarquizados desde lo local a lo general. Un espacio urbano, fuera de la jerarquía urbana general del conjunto, y que no forme parte funcional del mismo es más vulnerable.

Las reservas de suelo para zonas verdes y equipamientos, de acuerdo con estos principios es aconsejable determinarlos en base a dos conceptos:

1º Cuantitativamente óptimos, de acuerdo con estándares resultado de estudios teóricos comparativos.

2º Cualitativamente óptimos, considerando que el aumento de población requiere la aparición de equipamientos nuevos y diversos, acordes con la complejidad social que vaya adquiriendo el conjunto urbano

Esta doble intencionalidad, comparada con la Ley del Suelo, que a través de su Reglamento de Planeamiento, establece las cesiones mínimas de espacios libres, y equipamientos, no es suficiente para garantizar la mínima calidad de vida de los residentes. El Reglamento de Planeamiento es de obligado cumplimiento en la redacción de los Planes Parciales, que desarrollan el suelo urbanizable y lo transforman en urbano. Estos parámetros de dotaciones y espacios libres mínimos, son a todas luces insuficientes, y más cuando se persigue una ordenación con alta calidad de vida de sus habitantes y un buen equilibrio entre el medio natural y el urbano.

El Reglamento de Planeamiento es una cuantificación mínima de obligado cumplimiento que no considera condiciones particularizadas de

[50] A.Hernández Aja y otros, *La ciudad de los ciudadanos*. MOPU 1999

una ordenación. Por lo tanto es un umbral mínimo pero alejado de una reserva de suelo aconsejable y mucho menos óptima. En concreto, es importante manifestar como no se considera la tipología edificatoria de la ordenación ni los criterios de densidad que mantiene este estandar. En este sentido, no es procedente que las superficies de suelo de cesiones mínimas sean las mismas que las de una ordenación en viviendas unifamiliares aisladas, o en tejido denso de manzanas cerradas.

*4.7. La jerarquización del sistema socio-espacial*

El sistema urbano en el contexto socio-cultural en el que nos desenvolvemos representará un conjunto de espacios geográficos múltiples y diversificados [51]. Estos espacios son también espacios sociales y están interrelacionados entre sí, siendo cada uno de ellos parte integrada en un todo. De acuerdo con diversos autores, (R.Simons, A.Maignom, G.Ersen, A.Hernandez, E.Trabad, entre otros), podemos diferenciar cuatro grandes escalones socio-espaciales urbanos que son:

vecindario, barrio, barrio-ciudad, ciudad

Estos escalones sirven de base para la estructuración de la red de espacios libres y zonas verdes por partes y de forma integrada del conjunto total resultante edificado. En cada ordenación, lo primero que habrá que definir son estos escalones y su articulación. Se definen a continuación cada una de estas estructuras socio-espaciales.

Vecindario
Se trata de la unidad mínima reconocible en el espacio urbano que garantiza homogeneidad morfológica o social. Este carácter de unidad elementos del sistema urbano hace que sea el umbral mínimo para la existencia de las dotaciones íntimamente relacionadas con **lo doméstico**. Son áreas en torno a un máximo de 500 viviendas en tejidos densos, y de la mitad en tejidos de baja densidad. Un rasgo característico es que en éste ámbito los desplazamientos a pie no superen los **5 minutos** con un radio de influencia que se estima en **200 metros** máximos. (C.Alexander 80, Bettini 79, Chombart de Lauwe 64, Friedman 72, Goodman 47, Ledrut 68, entre otros)

Barrio
Se define como el espacio de pertenencia del individuo en el que se puede sentir parte de un colectivo social. Es la primera unidad urbana con capacidad de **variedad** y primer escalón de la vida cotidiana. Su tamaño oscila entre los 5.000 y los 15.000 habitantes, (en tejidos densos), contenidos dentro de un ámbito con un diámetro máximo de **1.000 metros**, equivalente a un recorrido de **15 minutos** a pie. Se estima como barrio tipo aquel que dispone de unos 10.000 habitantes o 3000 viviendas en tejido denso. (Lefebvre 71, Munford 54, Rapoport 77, Klein, Lebreton, Perry, Rigotti, entre otros).

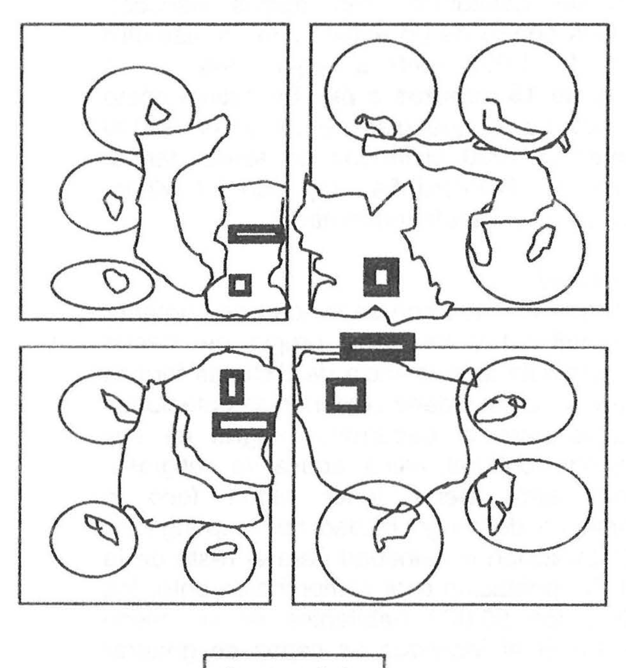
Barrio-ciudad
Es el primer escalón con capacidad de contener la **complejidad y variedad** propia del hecho urbano, permite la existencia de distintas formas de vida y culturas, y debe contener las dotaciones necesarias para el desarrollo integral de sus poblaciones (cultural, física, educativa, religiosa, sanitaria, etc). Debe tener algún foco o equipamiento de rango ciudad que suponga un foco de atracción e identidad para el resto de la ciudad. Su población está comprendida entre los 20.000 y los 50.000 habitantes en un tejido denso. En él el individuo es capaz de generar sentimientos de identidad y arraigo, y puede identificarse con el territorio. Se consideran los 30.000 habitantes como población tipo del barrio ciudad y su dimensión máxima un diámetro de **2.000 metros**, equivalentes a un recorrido de **30 minutos** a pie, siempre considerando tejidos densos. (Alexander, Friedman, Rigotti, entre otros)

Ciudad
Se trata del espacio capaz de recoger la suma de grupos, usos y actividades que logren una **diversidad óptima**, pero de tal manera que el tamaño no impida su comprensión como objeto. Su tamaño oscila entre los 100.000 y los 200.000 habitantes. Formas superiores de aglomeraciones necesitarán de unas formas de articulación y participación política y social que garanticen la calidad y la personalidad del todo, como conjunto yuxtapuesto de estas formas articuladas menores.

REPRESENTACIÓN DE UN POSIBLE ESQUEMA SOCIO-ESPACIAL
Para que un conjunto urbano esté estructurado socio-espacialmente, se tiene que comoponer de unidades elementales que se van agregando para formar entidades más complejas con nuevos servicios y

[51] Estas reflexiones se recogen ampliamente en el libro *La ciudad de los ciudadanos*, Ministerio de Fomento, Madrid 1997, Hernández Aja, A, Alguacil, J; Medina del Rio, M y Moreno Caballero, C. Del que se han extraido las conclusiones que se exponen a continuación.

equipamientos. Por ejemplo, cada barrio constará de tres vecindarios, y los cuatro barrios constituirán el elemento superior, el barrio-ciudad. Los equipamientos y las zonas verdes se articulan según la población de cada zona. Gráficamente se podría representar así:



Barrio-ciudad

El objetivo por lo tanto es conseguir un espacio urbano de calidad con densidades medias que permita hacer uso del espacio público y favorecer los recorridos peatonales para las diversas actividades ligadas a la vida urbana. Potenciar la complejidad funcional con multitud de usos, tipologías edificatorias, interacción social, etc, que son parámetros presentes en la ciudad tradicional y añadirle una correcta adecuación de la edificación y de la trama urbana con el medio natural.

Las reservas de suelo para equipamientos está completamente relacionadas con la calidad de vida de los habitantes, y con el nuevo concepto de "estado de bienestar". Sobre ésto han profundizado numerosos autores, como Fourquet y Murad (78), Roch (85), Munford (68), Castells (98).. entre otros. Frente al papel tradicional de los equipamientos de salud, educación, etc, aparecen ahora otros nuevos emergentes y relacionados con la identidad del conjunto, con el ocio, con la conservación y protección de valores ambientales, por ejemplo.

Existen tablas que recogen la reserva óptima de suelo para zonas verdes y espacios libres para una ordenación socialmente sostenible. Proceden del análisis comparativo de las siguientes instituciones: Ministerio del Equipamiento (Alemania); Ministerio de la Vivienda 82 (Dinamarca), IAURP 67/68 y Circular 8/II/73 (Francia); Amsterdam 68 (Holanda); New Towns 68/Gescal 72 y Rosetti (Gran Bretaña); y Estocolmo 68 (Suecia). Los estándares recomendables resultantes, presentan una "horquilla" óptima de reserva de suelo para espacios libres y zonas verdes por habitantes, considerando que a medida que aumenta la población tienen que aparecer otros nuevos elementos dentro de este sistema.

Por lo tanto, el rasgo distintivo de la articulación socio-espacialmente jerarquizada, es que en cada nivel se atienden los requerimientos mínimos de la persona, y que cuando aumenta el número de población aparecen nuevas necesidades sociales, que es necesario reservar como elementos propios que completarán la complejidad social de la ordenación.

El concepto, es por lo tanto más **complejo, articulado y jerarquizado**, que los umbrales mínimos que establece el Reglamento de Planeamiento.

Añadimos, por último algunas necesidades individuales relacionadas con la psicología social, [52] horizonte necesario para asegurar el bienestar de la población. Los estudios realizados por diversos autores (Proshansky y Fabián 1986; Gehl 1980; Corraliza 1991) permiten definir algunas necesidades basicas que deben ser tenidas en cuenta:

a) la necesidad de control del contacto y la interacción social, por lo que es necesario prestar atención a las cargas de uso que soportan los distintos espacios urbanos.
b) La necesidad de control de los acontecimientos de los escenarios adecuando las escalas entre las edificaciones y los espacios abiertos para que acojan a los ciudadanos

c) La necesidad de seguridad y responsabilidad en el mantenimiento. Las investigaciones muestran la importancia del diseño y la ordenación en la génesis de actitudes y comportamientos positivos para el mantenimiento, cuidado y control de los espacios semipúblicos (Fernández 1995)

[52] De la conferencia del profesor J.A. Corraliza, "Vida urbana y experiencia social. Variedad, cohesión y medio ambiente", en el *seminario sobre Calidad de Vida Urbana* celebrado en octubre de 2000 en la ETSAM,

d) La necesidad de actividades sociales variadas. Whyte, (1972) establece una relación entre las modernas plazas "duras" y su infrautilización porque están pobremente diseñadas como escenario social.

e) La necesidad de satisfacción estética. Debe prestarse atención a la evaluación de los paisajes urbanos nuevos que se crean (Herzog, 1989). Se ha demostrado la relevancia para el atractivo estético de la propiedad de la coherencia-complejidad de los espacios, misterio-legibilidad, identidad visual o familiaridad.

## 5. LA RED DE ESPACIOS LIBRES Y ZONAS VERDES

### *5.1.Los sistemas generales y el equilibrio ambiental*

La vegetación esta presente en las zonas urbanizadas a través de jardines, parques, en espacios libres, espacios recreativos y huertos principalmente. La red de zonas verdes y espacios libres constituye la espina dorsal de cualquier intervención para el bienestar ambiental, siendo su localización y cuantificación elementos articuladores de toda la propuesta de organización espacial para las actividades relacionadas con los usos recreativos y dotacionales. Un nuevo planteamiento de la naturaleza en la ciudad que abarca desde la habitabilidad de los espacios libres para toda la población, su continuidad espacial dentro de la ciudad, hasta la biodiversidad de especies como objetivos prioritarios. La crisis ambiental de la edad contemporánea empieza en el contexto barroco, por utilizar un término apreciado por Munford, en el cual se comete la primera disfucionalidad: el jardín público busca sobre todo una expresión ornamental de las especies, olvidando con frecuencia las exigencias ecológicas de cada una de las plantas, tanto de las exóticas como de las autóctonas.

¿Por qué se emplea tanta energía y tanto esfuerzo en la nutrición de frágiles paisajes y jardines "artificialmente cultivados" en las ciudades, que normalmente tienen menos diversidad y vigor que las áreas espontáneas llenas de "malas hierbas" de crecimiento natural y nulo mantenimiento? (Hough, 1998). El valor exclusivo estético de los primeros frente a valores medioambientales y de biodiversidad de los segundos es evidente. El mantenimiento convencional, se ocupa de los parques y jardines como si fuera una forma inorgánica, estática; tratan de mantener el diseño primigenio, como si fuera una foto fija, por lo que requieren unos cuidados extraordinarios. Las praderas de césped en climas secos, son un símbolo, de todo lo que está equivocado en nuestra relación con la tierra, lejos de la biodiversidad, lo natural, la economía en el mantenimiento, etc.

La planificación urbana debe centrarse en cuatro prioridades fundamentales que, ya fueron mencionadas por Lynch (1965): conservar y revitalizar los centros antiguos, promover la aparición de nuevos centros, prestar atención al diseño, equipamiento y configuración de espacios libres y redefinir sendas en el interior de la ciudad. Todas son hoy estrategias de la planificación medio ambiental.

Para una correcta definición del verde urbano, hay que referirse a las múltiples funciones de orden estético, urbanístico, higiénico-ambiental, social y recreativo (Cencini, 1984). La articulación de las zonas verdes de cualquier ordenación son garante de la presencia de la naturaleza, considerando sus beneficios en los siguientes aspectos (según Sukop y Werner) [53]:

1 . Ornamentar la ciudad

2 . Proporcionar espacios recreativos, para la expansión de la población y favorecer el contacto de ésta con la naturaleza (a través de usos de ocio, educativos, didácticos y recreativos)

3 . Mejorar las condiciones climáticas de la ciudad, humedad y control de la temperatura, para establecer un microclima local adecuado en los espacios abiertos.

4 . Reducir la contaminación ambiental, ya que las hojas sirven para el depósito de las partículas contaminantes en suspensión.

5 . Servir como filtros y freno a la velocidad del viento.

6 . Amortiguar el ruido de baja frecuencia

7 . Proporcionar espacios adecuados para el desarrollo de la vida animal

---

53 *Naturaleza en la ciudades*, Sukop y Werner, Ministerio de Obras públicas y Urbanismo, Madrid 1989. Interesante todo el libro relacionando la flora y fauna de en las àreas urbanas,.

8 . Reflejar los cambios estacionales a lo largo del año y sus beneficios psicológicos sobre la población residente y visitante

El legado histórico de los parques y jardines urbanos, se ha visto alterado en los últimos cien años y hay que buscar nuevas respuestas acordes con la sociedad del futuro, sus necesidades y requerimientos.

*5.2. Su función dentro del microclima*

La vegetación es el manto vegetal de un territorio. Aparte de sus indudables características visuales y de paisaje, la vegetación estabiliza las pendientes, retarda la erosión, influye en la cantidad y en la calidad del agua, mantiene los microclimas locales, filtra la atmósfera, atenúa el ruido y constituye el hábitat de numerosas especies de animales. Las propuestas de diseño han de ir ligadas a la realización de un estudio pormenorizado de la vegetación de cada lugar para proponer la localización de especies autóctonas y resistentes para cada uno de los usos propuestos. El incremento de la vegetación dentro del tejido urbano es la vía más efectiva para la obtención de una mejora bioclimática de los asentamientos urbanos densos. Los beneficios climáticos derivados de los espacios verdes están directamente relacionados con su tamaño.

Sus beneficios sobre el microclima son los siguientes

*- Acción de la vegetación sobre la velocidad del aire.*
Su discontinuidad de ramas, hojas etc. le confiere ventajas frente a otro tipo de barreras protectoras contra el viento, que generan efectos perjudiciales y grandes turbulencias en el entorno, ya que no desvían los vientos, sino que los absorben, amortiguándolos. Su longitud de acción está entre **7 y 10 veces la altura de las especies**. También se pueden canalizar las corrientes de aire mediante filas de árboles altos como los cipreses o los álamos. Otra consideración es que retienen las partículas en suspensión que arrastran los vientos, entre su ramaje. Las mejores pantallas son las de especies de hoja perenne: el abeto, el álamo negro, el cedro, el ciprés, el eucalipto, el olmo enano y el pino. Diferenciaremos entre una protección anual o estacional; si se precisa protección anual las especies más indicadas son las de hoja perenne resinosas. Si el espacio a proteger es de pequeñas dimensiones, buscaremos plantas con ramas desde su base como el ciprés la tuya u otro tipo de arbustos. Pero siempre las especies autóctonas son prioritarias por su adaptación a las condiciones del clima local.

*- Acción de la vegetación sobre la radiación solar.*
Sobre los excesos de radiación del suelo, edificios, espacios abiertos..etc, los árboles son una pantalla ideal. Más aún las especies de hoja caduca, que permiten la radiación invernal y dificultan la estival. Esto permite un control sobre las temperaturas ambientales muy interesante para alcanzar el confort climático con especies vegetales.

Para su correcta situación se estudiarán las mejores localizaciones de los árboles, su orientación y la de la sombra arrojada en invierno y verano, así como la altura del porte y la distancia de otros paramentos o edificaciones. Una distancia de seguridad general es la de 8 a 10 metros desde las edificaciones, para árboles que alcancen de 6 a 7 metros de altura. El mecanismo termoregulador de la sombra es doble, por un lado está la interposición física a la radiación solar, protegiendo al suelo y a los transeúntes de la radiación solar directa; pero además está la absorción de calor mediante la fotosíntesis liberando vapor de agua al ambiente. Por lo que siempre que sombreamos con vegetación se aumenta la humedad ambiental. La variedad de especies posibilita el sombreamiento de todo tipo de superficies, horizontales, verticales, inclinadas con plantas de porte, arbustos, rastreras o tapizantes . Según la especie, las sombras pueden ser más o menos densas lo cual añade otro factor para su selección .

Los resultados obtenidos a través de estudios experimentales permiten establecer que la existencia de áreas verdes de 100 a 200 m$^2$ es suficiente para obtener una disminución local de la temperatura de aproximadamente 3ºC a 4ºC durante el verano, con respecto a la temperatura del entorno, y reducir de un 1/6 a 1/8 la concentración de partículas sólidas en comparación con áreas carentes de vegetación. Por otra parte, trabajos de investigación evalúan que la evapotranspiración procedente de un árbol puede generar un ahorro de entre 1 y 2,4 MJ de electricidad para aire acondicionado anualmente (MONTGOMERY, D.A., 1987).

*- Protección de la vegetación contra el ruido.*
Las barreras vegetales atenúan el ruido en función de la diferencia del trayecto de las ondas sonoras, según el tipo de vegetación que la constituya. Los árboles de hoja perenne son

capaces de atenuar en una frecuencia de 1.000 Hertzios, 17 dB por cada 100 metros lineales de vegetación; frente a los 9 dB en árboles de hoja caduca. Sin embargo, es necesario recordar que no es el elemento más eficaz contra el ruido. El ruido se absorbe con masa, y el arbolado no cuenta con excesiva masa. Sin embargo se usan frecuentemente debido a la combinación beneficiosa de sombreamiento, humedad ambiental, estéticas, etc. En algunos casos se combinan las barreras vegetales con taludes de tierra natural que se cubren con especies tapizantes que son más adecuados junto a fuentes sonoras continuas (como por ejemplo de una autopista).

Además de estas protecciones, no hay que olvidar las cualidades estético-funcionales, que consiguen aumentar la identidad de un espacio urbano considerablemente.

*- Protección de la vegetación contra la contaminación atmosférica*

Un descubrimiento reciente (1977), realizado por el catedrático de Botánica William Schlesinger de la Universidad en Carolina del Norte, ha demostrado que las plantas no solo absorben y reciclan el dióxido de carbono, sino que son capaces de almacenarlo y retenerlo pasando a formar parte de la corteza de sus tejidos. Las selvas, bosques, arbolados y jardines actúan de sumidero de los gases invernadero. [54]

Además absorben y filtran también el polvo de las ciudades, aunque paguen con su vida esta función depuradora. Un abeto de mediana talla puede eliminar alrededor de 20 kg de azufre atmosférico en un año. [55]

*5.3.Recomendaciones generales para las zonas verdes urbanas*

Como principios generales [56] para el diseño de las zonas verdes, recordemos que todo en la naturaleza es un proceso dinámico, transformado a lo largo de las estaciones y los años, por lo que habrá que considerar **el factor tiempo** en el diseño. El segundo principio es el de la **economía de medios** al objeto de optimar los recursos disponibles en cada lugar, y no derrochar ni agua, ni personal de mantenimiento, ni abonos, ni ningún otro recurso (principio de economia sostenible). Por último el tercer principio es el de la **biodiversidad**. Resulta paradójico la similitud de soluciones de parques aportadas en este siglo, sin considerar el lugar, ni las condiciones del medio natural siempre más rico y variado, que los diseños propuestos. Además ante una adversidad un entorno complejo y variado tiene más posibilidades de recuperación frente a un área sin diversidad.

No hay que olvidar, que denominados a este sistema general "la **red** de espacios libres y zonas verdes". Es decir, que los espacios deben estar conectados unos con otros, de forma que cualquiera pueda recorrerlos. Las posibilidades de conexión aumentan favorablemente el crecimiento y desarrollo de múltiples especies animales y vegetales, (Hough 1999). La conexión actua como una sinergia dotando al sistema de muchos más beneficios que la suma individualizada de sus superficies. Sukop establece "diez mandamientos" o principios muy recomendables para el diseño de zonas verdes : Principio de zonificación ecológica, de prevención de interferencias evitables, de apoyo al desarrollo natural de las zonas céntricas, de continuidad histórica, de mantenimiento de la variación local, de zonificación según la intensidad de uso, de mantenimiento de los espacios abiertos de grandes dimensiones, de unión de los espacios abiertos, de mantenimiento de la variedad de elementos típicos del paisaje urbano, y por último de incorporación funcional de los edificios a los ecosistemas.

Para la selección de plantas de hoja caduca que optimicen las condiciones de confort tanto en la edificación como en los espacios públicos, deben considerarse una serie de parámetros de partida.

-Patrón de crecimiento: Dado que la vegetación debe alcanzar un determinado tamaño para actuar como regulador energético, deben seleccionarse especies de crecimiento medio o rápido
-Tipo de cruz: Se trata de un parámetro especialmente relevante para la selección de especies en áreas peatonales
-Forma y diámetro de la copa: Su selección permitirá mantener una distancia adecuada a los edificios cercanos.
-Densidad y tamaño de follaje: las hojas de tamaño medio y pequeño se asocian a espacios peatonales, siendo irrelevante el tamaño y densidad de follaje en espacios abiertos, donde los condicionantes son fundamentalmente de calidad de vida y paisajísticos

[54] Este ha sido uno de los puntos de discusión en la Cumbre del Clima de La Haya, nov.2000, ya que la UE no aceptaba que los bosques se pudieran considerar un sumidero de $CO_2$ al 100%, ya que éstos se pueden degradar o desaparecer si se queman.
[55] Del libro *Elementos de Ecología*...Op.cit. pagina 341
[56] Resumidos del libro Naturaleza y ciudad, op.cit.

-Adaptación a los suelos existentes
-Resistencia a la contaminación

Es interesante recordar qué es **climax** de la vegetación. Se trata de un concepto sucesionista de interpretación de la vegetación que fue enunciado por uno de los maestros de la Escuela Ecológica de Chicago F.E. Clemens. El autor, explica como la vegetación dentro de una unidad ecológicamente homogénea (la tesela) tiende a tener una única comunidad dominante en la etapa climática denominada climax, que coincide con la mayor biomasa del área considerada. La aplicación de este principio en la planificación está en tener en cuenta las plantas características de una zona ecológicamente homogénea, para recuperar o regenerar el climax vegetal de la comunidad dominante. Para ello una condición indispensable será utilizar especies naturales o autóctonas de la zona, y establecer las condiciones externas adecuadas para lograrlo. Una situación frecuente es encontrar espacios regresivos o estabilizados. Por tanto se tratará de regenerarlos para que avancen progresivamente hasta su climax natural.

La selección de tipo de vegetación adecuada está directamente ligada al ángulo de incidencia solar, por lo que se pueden establecer algunas recomendaciones generales para cada orientación [57]:

Este: El ángulo de incidencia solar es bajo, transmitiéndose una pequeña cantidad de calor radiante. Las especies utilizadas deben constituir una pantalla vertical, siendo recomendables árboles y arbustos de porte bajo y plantas trepadoras

Sur: El ángulo de incidencia solar es muy alto al mediodía y debe ser bloqueado mediante grandes árboles que generen espacios sombreados o estructuras horizontales con plantas trepadoras o colgantes. La posibilidad de crear cubiertas ajardinadas debe ser evaluada cuando sea posible.

Norte: Dado que en esta orientación la única radiación producida es reflejada y refractada, las pantallas de sombreamiento vegetales son innecesarias, y la inclusión de vegetación debe responder a otros parámetros, tales como calidad de vida, canalización de vientos o aislamiento acústico a ruidos de tráfico.

Oeste: Esta orientación también tiene un ángulo de incidencia solar bajo, pero las horas del atardecer son demasiado cálidas debido al calor sensible y latente. Como para el Este, las especies utilizadas deben constituir una pantalla vertical, siendo recomendables árboles y arbustos de porte bajo y plantas trepadoras a una cierta distancia de la edificación, que permita desarrollar otro tipo de mecanismos de refrigeración convectivos y radiactivos

### *5.4. Usos de las actividades complementarias*

Insistimos en la importancia de dotar al sistema general de los espacios libres y las zonas verdes de una relación estrecha con la localización de los equipamientos urbanos. En este sentido, cabe reseñar cómo el Reglamento de Planeamiento no considera estas cuestiones de forma que la reserva de zonas verdes por vivienda no tienen nada que ver con las reservas de dotaciones. Tampoco se consideran las tipologías edificatorias, siendo completamente diferentes las ordenaciones con más densidad que las de baja densidad, y en cada una de ellas las zonas verdes es necesario reservarlas, cuantificarlas y localizarlas adecuadamente ya que depende en gran medida del éxito de toda la ordenación.

Por eso, se proponen a continuación equipamientos que pueden situarse en cada reserva de zonas verdes y espacios libres de manera indicativa. (ya que será necesario conocer las particularidades de cada territorio y obrar en consecuencia).

1. Areas de juego y estancia. Zonas verdes de vecindario

Se sitúan en el ámbito del vecindario. Suelen ser de pequeñas dimensiones y accesibles peatonalmente. Algunos consejos para su mejora son:

. Pavimentar o asfaltar lo estrictamente necesario de los espacios libres. Recordemos que la pavimentación impermeable aumenta la escorrentía, reduce la permeabilidad del suelo y reduce el albedo.
. Reverdecer los tejados y las fachadas. Pueden suponer un aumento

[57] **Granados, E, Texto de Ciudad y Territorio sostenibles, para el V Congreso de Medio Ambiente celebrado en noviembre de 2000 en Madrid**

espectacular de las superficies verdes para mejorar el microclima local si todas las azoteas son "cubiertas verdes" o aljibes, o azoteas ecológicas. Existen ya muchas soluciones incluso comercializadas.
. Examinar las demandas del paisaje y la planificación de las zonas libres de forma integrada, entre el interior y el exterior. Buscar el horizonte y las vistas panorámicas , desde la ciudad a su territorio y viceversa.
. Permitir y mejorar la colonización espontánea de plantas y animales, tales como lechos y hendiduras de jardines pavimentados con piedras sueltas, etc. Cualquier intersticio es aprovechado para el crecimiento vegetal.
. Buscar la relación de unos espacios con otros. Oportunidad de corredores verdes junto a los rios o sus riberas, o entre espacios que conecten el interior de la ciudad con el campo.

EQUIPAMIENTOS INTERRELACIONADOS y su posible naturaleza:
Equipamiento social (salas de reunión para jóvenes, o ancianos, etc)
Equipamiento cultural (salas exposiciones, talleres, etc)
Equipamiento deportivo (juegos aire libre de niños, pistas patinaje, etc)

2. Zonas verdes de barrio. Jardines

Son áreas ajardinadas de barrio más extensas donde caben zonas de juegos , equipamientos y áreas deportivas anejas. Sus problemas derivan del exceso de uso y su falta de mantenimiento. Recomendaciones de diseño:

. Pavimentar lo imprescindible, usando la combinación de materiales, texturas, acabados y drenaje como elementos de diseño. No olvidar las terrizas o zonas de crecimiento de vegetación espontánea. Buscar soluciones originales adaptadas al lugar y no repetir modelos estandarizados.
. Darles continuidad con otras zonas verdes o espacios libres de los escalones superior e inferior (vecindario y barrio-ciudad), para configurar una verdadera red de espacios verdes. Al estar en una situación intermedia su correcta localiación será determinante para el sistema urbano.
. Diseñar cada nueva zona verde de barrio, basándose en las relaciones espaciales con la tipología edificatoria y con los equipamientos propuestos. En este sentido, las zonas verdes no tienen por que ser iguales en cada barrio. Su edificación circundante, localización, relieve, orientación, etc, condicionará los espacios y las especies recomendables de cada una de ellas, y así añadirán riqueza, diversidad e identidad a cada conjunto edificado. Una solución para añadir legibilidad al barrio, se puede conseguir con la selección de especies, variadas en cada calle o zona, según porte, floración, etc.

EQUIPAMIENTOS INTERRELACIONADOS posibles:
Equipamiento social (salas de reunión, de juntas, etc)
Equipamiento cultural (salas de exposición de talleres, pequeños museos)
Equipamiento deportivo (pistas de atletismo, futbol, frontón etc)
Equipamiento educativo (escuela y jardín de infancia)
Equipamiento sanitario (centro de salud)

3. Parque del barrio-ciudad

Son áreas grandes de encuentro y reposo para gran parte de la población . Su superficie mínima está entorno a 3 Ha en el barrio-ciudad o mayor si es de una ciudad. Las actividades culturales, deportivas y recreativas asociadas ya pueden ser de mayor escala, atracción y envergadura. Recomendaciones de diseño:

. Desarrollar un sistema articulado con diferentes usos, para cada época del año y para toda la población desde los niños a los mayores. En un parque grande, cabe de todo y para todos (personas, animales, arbolado, flores, etc)
. Cambiar el césped ornamental por praderas si los climas son secos en verano, ya que el agua de riego es un recurso escaso y preciado , que se debe usar con limitaciones.
. Fomentar el mantenimiento natural de las zonas verdes con especies autóctonas, que ya están aclimatadas al clima local, a los parásitos, contaminación, etc.
. Plantar flores que cumplan funciones biológicas para la fauna y sensoriales

para la población. (adecuadas las plantas aromáticas)
. Fomentar las actividades complementarias de relación social para el ocio de los ciudadanos, como huertos de ocio, granjas escuela, aulas de la naturaleza, miradores, rutas senderistas, etc.

EQUIPAMIENTOS INTERRELACIONADOS posibles:
Equipamiento social (salas de reunión, asambleas, etc)
Equipamiento cultural (teatro, cines, museos al aire libre o interiores, etc)
Equipamiento deportivo (pistas reglamentarias de atletismo, piscinas, tenis..)
Equipamiento educativo (instituto, escuelas de formación profesional..)
Equipamiento sanitario (centro hospitalario con servicio de urgencias)

Asociar grandes equipamientos (como hospitales, institutos, teatros, etc) al parque es una buena solución ya que se benefician complementándose, y permite que estos espacios se usen cotidianamente por los ciudadanos. Quizá sea una de las asignaturas pendientes de los grandes parques urbanos diseñados en el siglo XIX, que hoy por la noche son inseguros, se tienen que cerrar y no forman parte del dia a dia de los ciudadanos.

En la actualidad, debido a que el ocio es creciente en la sociedad postindustrial, es necesario que se piensen actividades de ocio relacionandolas con las zonas verdes de la ciudad y que a la vez sirvan para la conservación y el mantenimiento de las zonas naturales circundantes si son valiosas . En este sentido, se proponen algunas actividades recomendables:

1. Actividades de Ocio y naturaleza (paseos, rutas para caminar, rutas equestres, carriles-bici; miradores con explicación de los elementos del horizonte; obras de land-art; relacionados con la actividad deportiva (marchas, footing, carreras, vuelo de cometas, etc)
2. Actividades de Ocio y aprendizaje (aulas de la naturaleza; granjas escuela; jardines botánicos; descripción de especies de flora o fauna, etc)
3. Actividades de Ocio y recursos (huertos vecinales productivos; pesca; recolección de flores y frutos (setas); recolección de otros elementos: miel, resina, madera de podas, hojas secas, etc)

* Especies recomendadas

Existen excelentes recopilaciones acerca de plantas y especies recomendadas, a las que se remite a los lectores especializados. Sin embargo, considero necesario presentar a los urbanistas, una listado resumido de especies adecuadas a los climas españoles, y acordes con las estrategias ambientales que se han detallado en este texto. [58]

**GIMNOSPERMAS**
(Fanerógamas –plantas con flores- que tienen las semillas al descubierto y no encerrada, M.Moliner 1998)
1.Familia *Cycadaceae*. Son como "palmeras enanas" casi indemnes a los parásitos. Es frecuente en zonas costeras desde Cataluña a Andalucia .
2.Familia *Ginkgoaceae*. Plantas de gran belleza y efecto paisajístico, ya que torna amarilla en el otoño Fue introducido por los ingleses en el siglo XVIII desde el Japón.. Su nombre vernáculo significa el arbol que pierde la hoja. Se adapta a todo tipo de suelos, muy resistente al frio y a las heladas. Soporta la contaminación y no conoce parásitos.
3. Familia *Taxaceae*. Tejos empleados en parterres y setos, perenne y de hojas venenosas que tolera muy bien las podas. Su madera es extraordinariamente resistente. Adecuado para ambientes frescos y sombrios, libres de heladas.
4. Familia *Araucariaceae*. Son especies exóticas originarias de la Tierra del Fuego o Brasil. Apreciadas en jardinería por su gran porte y ramificación estratificada y regular. No soporta las heladas, por lo que necesita climas templados o situarla en el interio. Común en Levante y Andalucia.
5.Familia *Pinaceae*. Perennes, constituidos por pinos, abetos, cedros constituyen las confieras por antonomasia. Aportan madera, celulosa, resinas, o semillas comestibles. En España es autóctono el *Pinus Abies*, el abeto representado en dos especies: el *A.alba* (en los Pirineos) y *A. Pinsapo* (en la Serranía de Ronda, más resistente que el anterior a la sequedad del verano). Al género *Pinus* pertenecen las coníferas más rústicas de más fácil aclimatación, con facilidad de crecimiento en suelos pedregosos y empleados en las repoblaciones españolas. El *P.pinaster* es resistente a la insolación como a las heladas, por lo que forma parte del paisaje de la España seca. El *P.pinea*, tiene una sombra

58 Especies resumidas del capitulo "La ciudad de la naturaleza", del libro Elementos.... Op.cit. paginas 347-366

aparasolada amplia y da piñones comestibles, ampliamente difundido por la Península. *P. Nigra* forma importantes masas forestales en el pre-Pirineo, Cazorla, Segura, y el Maestrazgo, también soporta la contaminación urbana, por lo que es especie recomendada para las ciudades de clima frio. Otros como el *P. Uncinata* (en el Sistema Ibérico, Gúdar o Cebollera); el *P.halepensis*, menos robusto que los anteriores pero que crece en cualquier sustrato, tolera sequias pero es sensible a las heladas; o el *P.canariensis* (en el Teide).
Mediterréas, aunque no ibéricas son las especies del género *Cedrus*, al que pertenecen los cedros. El del Atlas (*C.Atlántica*) es el más cultivado, que crece en todo tipo de suelos y tolera las sequías. Muy utilizado como ornamental por su rápido crecimiento y bello porte. También *C deodara* y el *C.libani* (el del Libano) con peligro de extinción.
6. Familia *Taxodiáceas*. Pertenecen algunas de las especies más conocidas como la *sequoia*.
7. Familia *Cupressaceae*. Como flora autóctona de nuestro pais está el *Juniperus*, al que pertenecen enebros (hoja acicular) y sabinas (hoja escuamiforme). Adecuados como árboles y arbustos ornamentales (*J. Thuriferia, J. Oxycedrus, J.phoenicea, J.sabina, J.phoenicea*) están muy adaptados a nuestro clima extremado, pero le atacan dos parásitos.
Destaca el *Cupressus sempervirens*, tradicional en toda la jardinería española desde tiempos del Islam. Más recientemente se ha introducido el *Cupressus arizonica* y otros híbridos, para los setos urbanos, que son causantes de numerosas alergias actuales.

**ANGIOSPERMAS**

(Plantas con semillas en las que los óvulos están cubiertos por carpelos y las semillas en la madurez se encuentran en el interior del fruto, M.Moliner 1998)
1. *Familia Casuarinaceae*. Son árboles cuyo porte recuerda a las confieras, originario de Australia. Es un excelente arbol ornamental, con la propiedad de producir un rumor parecido al de las olas marinas. Es España se cultivan las especies, *C.stricta* y *C.cunninghamia*, que rehuyen las heladas, mejor la primera que la segunda.
2. *Familia Betulaceae*. Sus especies componen el paisaje europeo: castaños, abedules, hayas, alcornoques, robles, quejigos y melojos. Al género *Almus* pertenecen los alisos, representantes de la flora española como autóctonos, propios de riberas de rios, o fondos de valle. Posee en sus raices nódulos fijadores de nitrógeno.
*Corylus avellana*, el avellano, es un arbolito muy apropiado para patios y jardines ya que precisa humedad en el suelo. *Carpinus betulus*, el carpe, extendido en Navarra y los Pirineos. Si se le asegura sombra y agua prospera como el avellano.
También el *Betula*, el abedul, característicos por su corteza blanca, amigos del sol, con majestuoso porte y resistentes a la poda, pero con necesidades de agua todo el año.
3. Familia *Fagaceae*. Algunas de estas especies constituyen los arboles dominantes de los bosques españoles como los hayedos, los encinares, los alcornocales, los quejigares, los melojares o los robledales. Pertenecen a la flora española tres géneros: *Fagus* (hayas), *Castanea* (castaños) y *Quercus* (encinas). Las hayas aparecen en conjuntos aislados en el Sistema Ibérico, y el Central, en áreas donde se asegure la humedad estival gracias a las tormentas, y que con la llegada del otoño tienen unos cambios de tonalidad foliar espectaculares.
El castaño lleva tanto tiempo cultivado en nuestro pais (desde los romanos), que puede considerarse como casi autóctono de nuestros bosques. Con porte poderoso puede alcanzar los 30 metros, y proporciona una sombra densa. Necesita suelos sin cal e irrigados, sin heladas ni sequias. Soporta la contaminación urbana como el haya.
Por último, los *quercus*, protagonistas del paisaje mediterráneo. Hay dos clases, los de hoja dura y perenne (técnicamente llamados esclerófilos, la coscoja, las encinas, alsinas o carrascas, los alcornoques –muy resistentes a la contaminación-); y los de hoja caduca, adaptados a los fuertes fríos pero que requieren mayor humedad y toleran pero la sequia (los robles *Q.robur* y *Q.petraea* originarios españoles). También existe una oferta de robles americanos *Q.rubra* de crecimiento más rápido que los otros.
Como arbustos, está el *Q.lusitanica*, apropiado para revegetar taludes y zonas inclinadas o rocosas o arenosas, pero que desgraciadamente se usa poco. Otros como el melojo, rebollo o *carvallo* en Galicia, toleran mejor la altitud, por lo que son excelentes para ornamentar.
4.*Familia Junglandaceae*. Pertenecen árboles cuyos frutos (nueces y pacanas) tienen interés comercial. No son autóctonos españoles. Los más cultivados son los *J.regia* (euroasiático) y *J.nigra* (norteamericano). Son arboles aclimatados al frio, pero necesitan suelos húmedos y ricos en nutrientes, por lo que no son adecuados en áreas urbanos.
5. *Familia Salicaceae*. Son los sauces, (*salíx*), chopos o alámos (*populus*), ligados a cursos fluviales y humedales. Es España en estas zonas son frecuentes *P.alba* y el *P.nigra* (el álamo negro). Su cultivo es muy antiguo, de crecimiento rápido, y se hibridan con facilidad. Sus raices superficiales y extensas levantan los firmes, y

buscan la humedad introduciéndose en la red de saneamiento con asombrosa facilidad. Otros de la especie, como arbustos están las mimbreras (para cesterías), y árboles ornamentales (como el sauce llorón).

6. *Familia Moraceae*. Aclimatadas como la higuera silvestre (*Ficus carica*) en sitios calurosos y cerca de canales de riego o huertas; o las moreras (*Morus alba, M nigra*).

7. *Familia Ulmaceae*. Tiene importancia forestal y madedera. Hay dos géneros *Ulmus y Celtis*, olmos cultivados desde antiguo por los romanos, que se han naturalizado en nuestro pais. El olmo campestre es uno de los mejores árboles de sombra, fácil de transplantar, pero que sufre el ataque de la grafiosos que lo ha diezmado en los últimos años.

Un árbol muy recomendable para las zonas verdes urbanas es el *Celtis australis*, (almez), de rápido crecimiento, fuerte a la contaminación, adaptado a cualquier suelo, que proporciona una densa sombra.

8. *Familia Buxaceae*. El boj, tiene una madera tan dura y compacta que no flota. Es un arbusto resistente a la poda, por lo que ha sido tradicionalmente empleado en setos recortados. El *B.sempervirens* es una especie colonizadora de suelos sueltos y pendientes inclinadas, pero que no aguanta los climas extremados.

9. Familia *Hamamelidaceae*. De origen norteamericano, el *liquidambar* recuerda a los plátanos, y crece aclimatado en zonas húmedas.

10. Familia *Platanaceae*. Contiene un único género, *Platanus* , cuya especia más cultivada es *P. Hispanica* (o híbrido) apreciado desde tiempos de Sócrates, bajo cuya sombra desarrollaba sus coloquios. En Madrid se ha convertido en el árbol de alineación por antonomasia, resistente a la contaminación.

11 Familia *Magnoliaceae*. Es una de las más primitivas plantas con flores, con gran consideración botánica y pedagógica. La reina de las magnolias en nuestro pais es la *Magnolia grandiflora*, con flores blancas de intenso aroma.

12. Familia *Lauraceae*. Especies en su mayoria tropicales, cuyo representante en nuestro pais es el laurel (laurus, del que existen dos especies, el *L.nobilis* y el *l.azorica* –extendido en Canarias-). Apreciado desde la mitología griega, se da en lugares húmedos y umbríos de toda la Península, y es frecuento su uso en setos.

13. Familia *Tamaricaceae*. En la flora autóctona española existen dos géneros *Tamarix* (tamarindo, arbolito propio de climas secos y calurosos, pero que requieren agua para crecer) y *Myricaria* (frecuentes en Cataluña y Aragón como ornamental).

14. Familia *Theaceae*. Popular gracias a la belleza de sus flores, las camelias, con necesidad de abundante humedad y sensibles a la contaminación.

15. Familia *Pittosporaceae*. Apropiados para setos siempre verdes en localidades marítimas, (pitosporo)

16. Familia *Rosaceae*. Con un centenar de géneros de carácter frutal (melocotonero, ciruelo, almendro, membrillero, manzano, peral, fresal, zarzamora, etc); u ornamental (rosas, espireas, cotoneaster, el espino de fuego –apropiado para vallas defensivas y resistentes a la contaminación-, o el ciruelo). Todos necesitan agua abundante, toleran mal la sequia del verano y requieren ambientes frescos y sombríos.

17. Familia *Leguminosae*. Hay tres familias, la Mimosáceas (de zonas tropicales, pero con algunos ejemplares aclimatados como la *Acacia dealbata, A.farnesiana*); la Cesalpináceas (tropicales todas a excepción del algarrobo -de bello porte pero que no soporta las heladas-, el árbol del amor o de judas (*Cercis siliquastrum*), el palo verde (*Parkinsonia aculeata*) y sobre todo la acacia de tres espinas (*Gleditsia triacanthos*); por último la familia de las fabáceas con más de 12.000 especies (garbanzo, lenteja, judia, guisante, haba, cacahuete, alfalfa, trébol). Tambien destacan especies rústicas muy bien adaptadas al clima extremado como la *Retama, Cytisus y Genista*, que además enriquecen el suelo por sus nódulos fijadores de nitrógeno, además de tener un importante valor ornamental.

18. Familia *Elaeagnaceae*. En España es conocido como árbol del paraíso, un arbolito de ramas retorcidas parecido al olivo, que crece incluso en suelos yesíferos o salinos, y tolera la contaminación.

19. Familia *Myrtaceae*. Sus representante mas significativos son el mirto, (*Myrtus communis*) o los eucaliptos (*Eucaliptus camaldulensis, E. Gomphocephalus* –de crecimiento rápido y resistentes a la contaminación, por el contrario es un voraz consumidor de agua y se ha plantado indiscriminadamente para pasta de papel-). Se han usado eucaliptos para desecar zonas pantanosas o como lucha contra el paludismo. Su restos ricos en aceite (cíneol) impide el crecimiento de otras especies.

20. Familia *Punicaceae. Punica protopunica, y P granatum* (la granada) se cultivan desde antiguo en nuestro pais en Levante y Andalucia. Soportan la contaminación urbana y moderadamente las heladas.

21. Familia *Bombacaeae*. El palo borracho *Chorisia speciosa*, frecuente en Cataluña.

22. Familia *Tiliaceae*. En españa solo hay dos especies de tilos, *Tilia platyphyllos* y la *T.cordata*, necesitan lugares frescos y umbrosos como en el norte de España. En las ciudades se da el *T.argentea*, de hojas plateadas por el envés, pero no es muy resistente a la contaminación urbana.

23. Familia *rutaceae*. De origen tropical, de sus 150 géneros el más conocido es el *citrus* al que pertenecen arboles frutales (limonero, cidro, limeros, mandarinos, naranjos,etc). Todos son muy sensibles a las heladas, y protegidos de los vientos frios. Soportan bien la contaminación, son bellos, tienen penetrante aroma y su espectacular floración los convierte en adecuados para la ciudad.
23. Familia *Aceraceae*. Agrupa un centenar de especies de las cuales la mayoria pertenecen al género Hacer. En España forman parte de los bosques caducos del norte, por lo que es necesario asegurar el riego estival. Destacamos el *acer pseudoplatanus* (en los Pirineos y Cantabria), el *A.opalus , el A monspessulaum* (el mas resistente a la sequia) y el *A negundo* presente en muchas ciudades.
24. Familia *Vitaceae* .Las viñas no son autóctonas sino que proceden de Asia. Su crecimiento es frecuente para el aprovechamiento vinícola, así como en parras de patios y jardines para sombreamiento.
25. Familia *Ericaceae*. Destacan las azaleas *Rhododendron* (necesidad de mucha humedad) , y los brezos *erica*, frecuentes en jardinería. Tambien los madroños, que requieren suelos profundos húmedos y que soportan bien la contaminación.
26. Familia *Bignoniaceae*. La catalpa, arbol denso de agradable sombra, de prodedencia americana, aguanta altísimos índices de contaminación.
27. Familia *Apocynaceae*. La adelfa, es un arbol siempre verde con hojas rojas, rosas o blancas. Tolera todo tipo de sustratos y altos indices de contaminación, por lo que forma parte de las medianas de las autopistas.
28. Familia *Oleaceae*. La especie más conocida es la Olea europea (fresnos, jazmines, lilas, aligustre). Es autóctono de la Península donde existen bosquecillos de olivo silvestre, es un ejemplar emblemático del paisaje español mediterráneo, con rusticidad, y tolerancia para áreas urbanas.
De los Fraxinus, destacamos el fresno de flor (*F.ornus*) y el *F.angustifolia* en sotos y riberas. De los jazmines, el único autóctono es el *Jasminum odoratissimum*, el de olor (Canarias); y el aligustre (*L.vulgare*) propio de setos húmedos muy utilizado como planta ornamental en lindes
29. Familia Caprifoliaceae.. pertenecen el sauco (*Sambucus*), las madreslvas (*Lonicera*), la bolita de nieve (*Symphoricarpos albus*) y los durillos (*Viburnum*)

**MONOCOTILEDÓNEAS**
(Plantas fanerógamas -con flores-anginospermas cuyo embrión tiene un cotiledón, M.Moliner 1998).

1. Familia *Graminaceae*. Bambú
2. Familia *Palmae*. De las palmeras, procedencia tropical, destacan en España un buen número en el Levante, Andalucia y Canarias, por supuesto. La palmera propia de la región mediterránea es la *Chamaerops humilis* y *Phoenix canariensis* la de Canarias.

## BIBLIOGRAFÍA

BETTINI, V.
1998 *Elementos de ecología urbana*. Editorial Trotta, serie medio ambiente. Madrid

FARIÑA TOJO, J.
1998. *La ciudad y el medio natural*. Akal. Madrid.

FREY, H
1999 *Designing the city*, E&FN SPON.

HERNANDEZ AJA, A. y otros
1997 *La Ciudad de los Ciudadanos*. Ministerio de Obras Públicas Transportes y Medioambiente. Madrid.

HOUGH, M.
1998 *Naturaleza y ciudad. Planificación urbana y procesos ecológicos*. Editorial Gustavo Gili. Barcelona

LÓPEZ DE LUCIO, R.
1993. *Ciudad y urbanismo a finales del siglo XX* Servicio de Publicaciones de la Universidad de Valencia.

LUXÁN M y otros
1997 Criterios y datos básicos para el diseño de arquitectura bioclimática en Andalucia, en VVAA. *Arquitectura y clima en Andalucia, manual de diseño*. Consejería de Obras Públicas y Transportes, Junta de Andalucia

NEILA GONZALEZ, J y BEDOYA FRUTOS, C
1986 *Acondicionamiento y energía solar en arquitectura*. Servicio de Publicaciones COAM. Madrid
1992 *Las técnicas de acondicionamiento ambiental :fundamentos arquitectónicos*. ETSAM UPM. Madrid
1999 Diseño de ambientes exteriores
1999 El soleamiento del edificio
Todos *Cuadernos del Instituto Juan de Herrera*, números 45 y 61 respectivamente

OLGYAY, V.
1963 *Design with Climate*. Princeton, New Yersey. Princeton University Press.
Reeditado en el año 1998 *Arquitectura y clima. Manual de diseño para arquitectos y urbanistas.* GG.

RAMON MOLINER, F.
1977. *Soleamiento en una Situación Urbana. Manuales Críticos de Diseño del Alojamiento Español. Volumen nº 5* Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid.

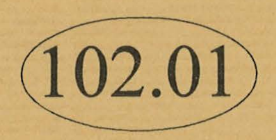
RUANO M.
1999 *Ecourbanismo. Entornos Humanos Sostenibles: 60 Proyectos.* Editorial Gustavo Gili.

SUKOPP H, Y WERNER P.
1989 *Naturaleza en las ciudades. Desarrollo de flora y fauna en áreas urbanas.* Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid

# NOTAS

# NOTAS

CUADERNO




CATÁLOGO Y PEDIDOS EN
http://www.aq.upm.es/of/jherrera
jherrera@aq.upm.es

